تقنيات تقييم التعريض الضوئي في الكاميرات الرقمية
Techniques for evaluating exposure in digital cameras

د. هشام أحمد أحمد مرعي
أستاذ مساعد بقسم الفوتوغرافيا والسينما والتليفزيون - كلية الفنون التطبيقية - جامعة حلوان.

ملخص البحث Abstract:

يعتبر تحقيق التعريض الضوئي الصحيح هو الخطوة الأولى والأهم في الحصول على جودة عالية للصورة الرقمية الفوتوغرافية أو السينمائية أو التليفزيونية. والتعريض الأمثل هو الذي يحقق درجات نصوع للمشهد الذي يتم تصويره بحيث لا تقل في مناطق الظلال فيظهر فيها تشويش noise، ولا تزيد في مناطق الإضاءة العالية high lights فيحدث فقد في تفاصيلها clipping. وهناك العديد من تقنيات تقييم التعريض التي أتاحتها الشركات المنتجة للكاميرات الرقمية والتي تتيح تقييم التعريض بشكل فوري أثناء التصوير: مثل المخطط البياني histogram، والمخطط الموجي waveform monitor وخطوط التظليل zebras وألوان التحذير false color. وجميع هذه التقنيات تمكن المصور من الحكم الموضوعي - وليس الذاتي - على التعريض الضوئي الفعلي الذي أنتجه الوسيط الحساس. وتختلف كل من هذه التقنيات في الكيفية التي تترجم بها درجات النصوع المختلفة التي أنتجتها بيكسلات الوسيط الحساس المستخدم مع الكاميرا. وتكمن مشكلة البحث في أن القراءة الخاطئة لأي من تقنيات تقييم التعريض الضوئي التي تتيحها الكاميرات الرقمية قد تؤدي إلى فقد التفاصيل في مناطق الإضاءة العالية أو مناطق الظلال من الصورة. وكذلك قد تؤدي إلى ظهور بعض أجزاء الصورة بدرجات نصوع أعلى أو أقل من درجة النصوع التي يرغبها لها المصور/مدير التصوير، مما يعوق تحقيق الهدف من الصورة. ولذلك يهدف البحث إلى دراسة تقنيات تقييم التعريض الضوئي التي تتيحها الكاميرات الرقمية؛ للوقوف على كيفية قراءة وتفسير كل تقنية منهم، حتى نستطيع الحكم بشكل دقيق على درجات النصوع التي أنتجتها الكاميرا الرقمية للأجزاء المختلفة من الصورة. وبالتالي يمكن تغيير التعريض أو نسبة تباين الإضاءة بين الأجزاء المختلفة للمشهد الذي يتم تصويره، للحصول على النتيجة النهائية التي تحقق الهدف من هذه الصورة الفوتوغرافية أو السينمائية أو التليفزيونية. وقد أسفرت الدراسة عن أن جميع التقنيات التي تستخدمها الكاميرات الرقمية لتقييم التعريض الضوئي لا يمكن النظر إليها بشكل منفصل عن المشهد الذي يتم تصويره، وإنما يجب تفحصها أثناء التصوير، لمقارنتها بدرجات النصوع الأصلية للأجزاء المختلفة من المشهد.

كلمات دالة Keywords:
الكاميرات الرقمية
Digital Cameras
التعريض الضوئي
Exposure
المخطط البياني
Histogram
المخطط الموجي
Waveform Monitor
خطوط التظليل
Zebras
ألوان التحذير
False Color Exposure

Paper received 18th July 2018, Accepted 13th August 2018, Published 1st of October 2018

مقدمة Introduction:

يعتبر تحقيق التعريض الضوئي الصحيح هو الخطوة الأولى والأهم في الحصول على جودة عالية للصورة الرقمية الفوتوغرافية أو السينمائية أو التليفزيونية. والتعريض الأمثل هو الذي يحقق درجات نصوع للمشهد الذي يتم تصويره بحيث لا تقل في مناطق الظلال فيظهر فيها تشويش noise، ولا تزيد في مناطق الإضاءة العالية high lights فيحدث فقد في تفاصيلها clipping.(12)

وعلى الرغم من أنه يمكن إصلاح بعض أخطاء التعريض في الصورة بواسطة البرامج المتخصصة في معالجة الصور الرقمية، إلاَّ أن ذلك لا يغني عن تحقيق التعريض الصحيح أثناء التصوير، لأن هناك أخطاء لا يمكن تلافيها في مراحل المعالجة اللاحقة post processing - فالتفاصيل التي يتم فقدها في مناطق الإضاءة العالية من الصورة في حالة زيادة التعريض over exposed لا يمكن استعادتها مرة أخرى على الإطلاق. وكذلك التفاصيل التي يتم فقدها في مناطق الإضاءة المنخفضة من الصورة في حالة نقص التعريض under exposed فقد تصعب استعادتها مرة أخرى، وقد تستحيل في بعض الأحيان، كما أن استعادتها تؤدي إلى زيادة نسبة التشويش noise في تلك المناطق(3-p.38)، الأمر الذي يزيد من أهمية تحقيق التعريض الصحيح أثناء التصوير.

وتتيح الكاميرات الرقمية الحصول على خرج فوري لإشارة الصورة لعرضها على شاشة منفصلة عن الكاميرا field monitor الأمر الذي يسهل الحكم على التعريض بدرجة أفضل من شاشة الكاميرا صغيرة الحجم. فيستطيع المصور أن يقرر مدى مناسبة التعريض في كل أجزاء المشهد، بشكل أكثر دقة.(8-pp.152-153) إلاَّ أنه عند تقييم التعريض الضوئي للصورة الرقمية، لا يمكن الاعتماد بشكل كامل على مظهر الصورة المعروضة على شاشة الكاميرا الرقمية(3-p.38)، أو شاشة منفصلة عن الكاميرا أو الشاشة المستخدمة أثناء المونتاج، لأن جميعها قد تكون أصغر من اللازم، أو غير معايرة، أو قد تكون ظروف مشاهدة الشاشة في موقع التصوير غير مناسبة للرؤية بشكل واضح يتيح الحكم على تعريض الأجزاء المختلفة من الصورة بشكل دقيق.(2-pp.42-43) وكذلك لا يمكن الاعتماد بشكل كامل على أجهزة قياس الضوء Light meters في تحقيق التعريض الصحيح؛ لأن تقنيات قياس الضوء الساقط والمنعكس incident/reflected لا توفر معلومات مهمة عن أداء الوسيط الحساس للكاميرا الرقمية: مثل المدى الديناميكي له، أو شكل لوغاريتم التعريض الخاص به، وبالتالي عن كيفية ترجمته لدرجات النصوع المختلفة، وبخاصة في مناطق الإضاءة العالية ومناطق الظلال من المشاهد المصورة.(2-p.109) وبالتالي فإن الأمر يستلزم استخدام وسائل أكثر دقة في تقييم التعريض الضوئي أثناء التصوير؛ حتى نحصل على تسجيل دقيق لدرجات نصوع التفاصيل في المناطق المختلفة من الصورة وفقاً لرغبة المصور/ مدير التصوير للمظهر النهائي للصورة التي يقوم بإنتاجها.

وهناك العديد من تقنيات تقييم التعريض التي أتاحتها الشركات المنتجة للكاميرات الرقمية والتي تتيح تقييم التعريض بشكل فوري أثناء التصوير: مثل المخطط البياني histogram، والمخطط الموجي waveform monitor وخطوط التظليل zebras وألوان التحذير false color. وجميع هذه التقنيات تمكن المصور من الحكم الموضوعي - وليس الذاتي - على التعريض الفعلي الذي أنتجه الوسيط الحساس.(8-pp.152-153) وتختلف كل من هذه التقنيات في الكيفية التي تترجم بها درجات النصوع المختلفة التي أنتجتها بيكسلات الوسيط الحساس المستخدم مع الكاميرا، الأمر الذي يستلزم الفهم الكامل لطريقة تعبير كل تقنية عن التعريض في الأجزاء المختلفة من الصورة، حتى نستطيع تغيير التعريض

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

بالزيادة أو النقص، أو تغيير نسبة تباين الإضاءة بين أجزاء المشهد الذي يتم تصويره، حتى نحصل على النتيجة النهائية التي تحقق الهدف من هذه الصورة الفوتوغرافية أو السينمائية أو التليفزيونية.
ونحن في هذه الدراسة نبحث فقط تقنيات تقييم التعريض الضوئي في الكاميرات الرقمية، وكيفية قراءة وتفسير كل تقنية منهم، ولن نتطرق إلى تقنيات قياس الضوء Light meters الساقط أو المنعكس incident/reflected ولن نتطرق كذلك إلى عوامل التحكم في التعريض الضوئي من فتحة عدسة aperture أو سرعة غالق shutter speed أو زاوية الغالق shutter angle أو معدل تصوير اللقطات في الثانية frame rate أو مرشح الكثافة المحايدة neutral density أو حساسية الوسيط iso.

مشكلة البحث Statement of the problem:

تؤدي القراءة الخاطئة لأي من تقنيات تقييم التعريض الضوئي التي تتيحها الكاميرات الرقمية إلى ظهور العديد من المشكلات التي تؤثر في جودة الصورة النهائية، وتعوق تحقيق الهدف من الصورة. ويمكن حصر هذه المشكلات فيما يلي:

- فقد التفاصيل في مناطق الإضاءة العالية أو مناطق الظلال من الصورة.
- ظهور بعض أجزاء الصورة بدرجات نصوع أعلى أو أقل من درجة النصوع التي يرغبها لها المصور/ مدير التصوير.

هدف البحث Objectives:

يهدف البحث إلى دراسة تقنيات تقييم التعريض الضوئي التي تتيحها الكاميرات الرقمية للوقوف على كيفية قراءة وتفسير كل تقنية منهم، حتى نستطيع الحكم بشكل دقيق على درجات النصوع التي أنتجتها الكاميرا الرقمية للأجزاء المختلفة من الصورة. وبالتالي يمكن تغيير التعريض أو نسبة تباين الإضاءة بين الأجزاء المختلفة للمشهد الذي يتم تصويره، للحصول على النتيجة النهائية التي تحقق الهدف من هذه الصورة الفوتوغرافية أو السينمائية أو التليفزيونية.

فرض البحث Hypothesis:

يفترض الباحث أن: القراءة الصحيحة لكل من التقنيات المختلفة التي تتيحها الكاميرات الرقمية لتقييم التعريض الضوئي تؤدي إلى التحكم الكامل في درجات نصوع الأجزاء المختلفة من الصورة.

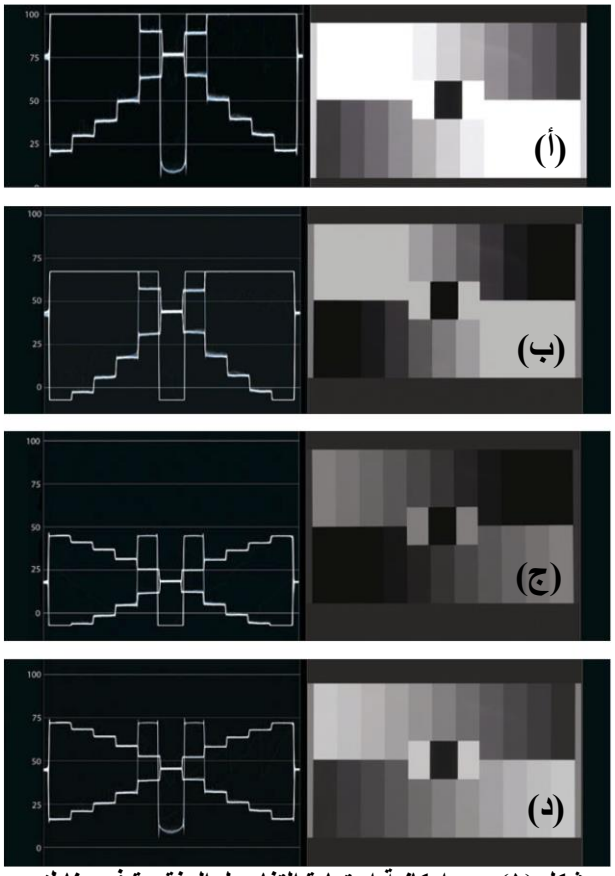
منهج البحث Methodology:

يتبع البحث المنهج الوصفي التحليلي بدراسة الكيفية التي تعمل بها كل تقنية من التقنيات التي تتيحها الكاميرات الرقمية لتقييم التعريض الضوئي في الصورة الرقمية، حتى يتسنى الحكم على درجات النصوع الفعلية التي أنتجتها الكاميرا للأجزاء المختلفة من المشهد المصور.

الإطار النظرى Theoretical framework

١- الفرق بين استجابة الوسائط الحساسة الرقمية وبين استجابة الأفلام التقليدية للضوء:

من الضروري جدا عند التعرض لتقنيات تقييم التعريض الضوئي في الصورة الرقمية أن ندرك الفرق بين الوسائط الحساسة الرقمية وبين الأفلام التقليدية في ترجمتها للضوء الساقط عليها بدرجات شدته المتباينة والمنعكسة من مختلف أجزاء المشهد الذي يتم تصويره.
فالوسائط الحساسة في معظم الكاميرات الرقمية لديها حساسية شديدة لفقد التفاصيل في مناطق الإضاءة العالية من الصورة clipping، وهذه التفاصيل المطموسة لا يمكن استعادتها مرة أخرى في عمليات المعالجة اللاحقة (post production). وذلك على العكس تماماً من قدرتها الفائقة على تسجيل التفاصيل في مناطق الإضاءة المنخفضة كما يظهر في شكل (١)[2-p.105]. وهذه المشكلة في قدرة الوسائط الرقمية على الحفاظ على التفاصيل في مناطق الإضاءة العالية في حالة زيادة التعريض over exposed، تشبه إلى حد كبير حساسية الأفلام التقليدية العكسية reversal films لزيادة التعريض. على العكس تماماً من الأفلام التقليدية السالبة negatives والتي تستطيع تقبل زيادة التعريض مع الحفاظ على التفاصيل في مناطق الإضاءة العالية من الصورة.[1-pp.157-158] لأنه يمكن تعويض الزيادة في تعريض الفيلم أثناء عملية الطبع في المعمل.[8-p.152]



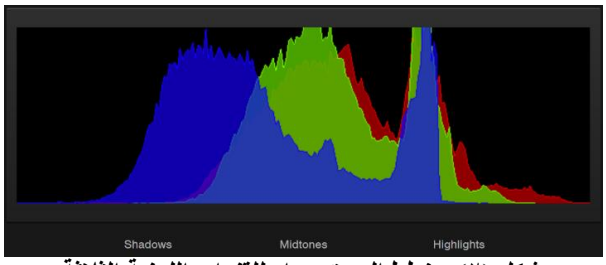
شكل (١) عدم إمكانية استعادة التفاصيل المفقودة في مناطق الإضاءة العالية زائدة التعريض، وإمكانية استعادتها في مناطق الإضاءة المنخفضة ناقصة التعريض.
(أ) صورة زائدة التعريض.
(ب) محاولة تحسين تعريض الصورة (أ) في المعالجة اللاحقة. وعدم إمكانية استعادة التفاصيل المفقودة.
(ج) صورة ناقصة التعريض.
(د) محاولة تحسين تعريض الصورة (ج) في المعالجة اللاحقة. واستعادة التفاصيل المفقودة في مناطق الإضاءة المنخفضة.

٢- تقنيات تقييم التعريض الضوئي:

٢-١- المخطط البياني Histogram:

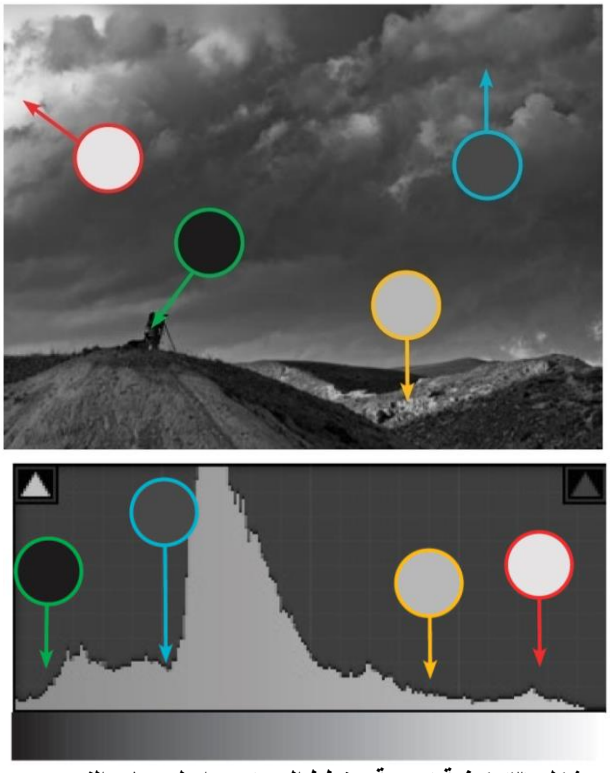
ينقسم ملف الصورة الرقمية ذات العمق اللوني ٢٤ بت إلى ثلاثة قنوات لونية هي (الأحمر R-الأخضر G-الأزرق B)، وتستطيع كل قناة منهم أن تنتج ٢٥٦ درجة نصوع تقع بين الأسود والذي يأخذ قيمة الصفر، وبين اللون في أقصى تشبع لوني له والذي يأخذ قيمة ٢٥٥. وبذلك تكون المحصلة الإجمالية للدرجات اللونية التي يستطيع كل بيكسل إنتاجها من توليفات درجات النصوع للقنوات اللونية الثلاثة هي (٢٥٦×٢٥٦×٢٥٦) = ١٦,٧ مليون درجة لون. ويمكن تمثيل درجات النصوع السابقة لكل قناة لون على

مخطط بياني يسمى الهستوجرام، كما يظهر في شكل (٢)، يمثل المحور الأفقي له قيم النصوع للون والتي تبدأ من الصفر في أقصى اليسار لتعبر عن درجة الأسود، وتتدرج في الزيادة كلما اتجهنا ناحية اليمين حتى تصل إلى ٢٥٥ في أقصى اليمين والتي تعبر عن أقصى درجة نصوع لهذا اللون. أما المحور الرأسي فيعبر عن عدد البيكسلات التي تأخذ هذه القيمة من النصوع لهذا اللون.(6-p.86)



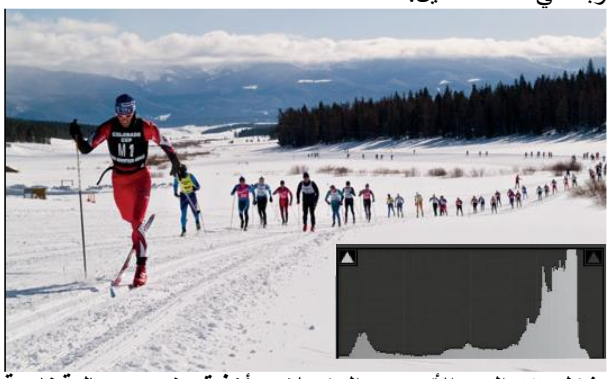
شكل (٢) مخطط الهستوجرام للقنوات اللونية الثلاثة.

ويعتبر الهستوجرام أحد الوسائل الأساسية لتقييم التعريض الضوئي في الصورة الرقمية من خلال توزيع درجات النصوع التي أنتجها كل بيكسل للنقطة المقابلة له من المشهد المصور، بغض النظر عن لون هذه النقطة. حيث يعبر المحور الأفقي من مخطط الهستوجرام عن درجة النصوع للبيكسل والتي تتدرج في الزيادة من الأسود في أقصى اليسار، إلى الأبيض في أقصى اليمين. أما المحور الرأسي فيعبر عن عدد البيكسلات عند كل قيمة من قيم النصوع، فكلما زاد طول الخط الرأسي الصاعد من أي نقطة نصوع، فإن ذلك يعني أن هناك عدد كبير من البيكسلات التي أنتجت هذه القيمة من النصوع. فكما يظهر في شكل (٣) نلاحظ العلاقة بين مخطط الهستوجرام وبين الصورة الرقمية التي يمثلها، فنجد أن كل منطقة نصوع في الصورة تم التعبير عنها في المخطط في موقع محدد وبارتفاع محدد وفقاً لأعداد البيكسلات التي أنتجت هذه القيمة من النصوع.(5-pp.278-281)



شكل (٣) كيفية ترجمة مخطط الهستوجرام لدرجات النصوع المختلفة في الصورة.

وبالتالي يعتمد شكل مخطط الهستوجرام على درجات النصوع التي أنتجتها جميع البيكسلات المكونة للصورة، بحيث يتحدد عرض width الأجزاء المختلفة في المخطط، وكذلك ارتفاعاتها height على درجات نصوع المساحات المختلفة التي تحتويها الصورة. فإذا كانت أغلب الصورة تحتوي على مناطق مضيئة light tones سيكون مخطط الهستوجرام المعبر عنها يحتوي على ارتفاعات عالية ناحية اليمين، لأن العدد الأكبر من البيكسلات سيأخذ قيم نصوع كبيرة، كما يظهر في شكل (٤). أما إذا كانت أغلب الصورة تحتوي على مناطق داكنة dark tones سيكون مخطط الهستوجرام المعبر عنها يحتوي على ارتفاعات عالية ناحية اليسار، لأن العدد الأكبر من البيكسلات سيأخذ قيم نصوع منخفضة، كما يظهر في شكل (٥). وبملاحظة المثالين السابقين نجد أنه بالرغم من تكتل البيكسلات في مخطط الهستوجرام ناحية اليمين أو ناحية اليسار، إلاَّ أن التفاصيل في الصورة في مناطق الإضاءة العالية (في حالة تكتله ناحية اليمين)، أو في مناطق الإضاءة المنخفضة (في حالة تكتله ناحية اليسار) تظهر واضحة وبتعريض صحيح دون أي فقد في التفاصيل. وذلك لأن جميع البيكسلات تقع داخل الحدود الأفقية للمخطط ولم تتعداها. أما إذا كان المخطط منتهي عند قمته، سواء ناحية اليمين أو ناحية اليسار كما يظهر في شكل (٦)، فإن ذلك يعني أن هناك فقد في التفاصيل في مناطق الإضاءة العالية من الصورة أو مناطق الإضاءة المنخفضة، مما يستوجب تعديل التعريض والتصوير مرة أخرى لتلافي زيادة أو نقص التعريض، وبالتالي فقد التفاصيل.(5-pp.278-281)



شكل (٤) العدد الأكبر من البيكسلات يأخذ قيم نصوع عالية ناحية اليمين من مخطط الهستوجرام.

شكل (٥) العدد الأكبر من البيكسلات يأخذ قيم نصوع منخفضة ناحية اليسار من مخطط الهستوجرام.

تعريض زائد **تعريض ناقص**

شكل (٦) شكل مخطط الهستوجرام في حالة التعريض الخاطئ.

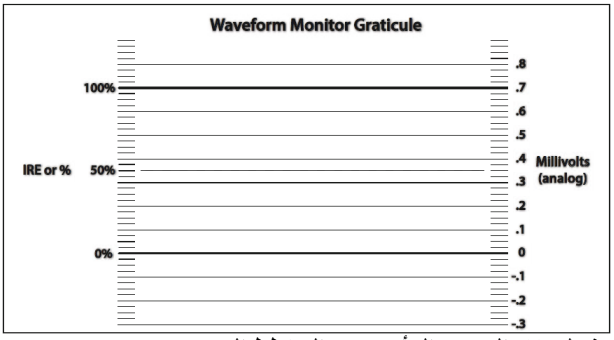
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

٢ - ٢ - المخطط الموجي Waveform Monitor:

يعتبر المخطط الموجي من الوسائل الدقيقة جدا في تقييم التعريض الضوئي للصورة الرقمية، فسواء كان المخطط الموجي مدمج مع الكاميرا الرقمية أو متاح مع وحدة مستقلة عن الكاميرا، فإنه يتيح لمدير التصوير التحكم الكامل في النصوع النهائي لكل جزء من أجزاء المشهد المصور.[2-p.108] فالمخطط الموجي يعرض تحليل لنصوع إشارة الفيديو في مختلف أجزاء الصورة الرقمية، وذلك عن طريق التعبير عن قوة الإشارة في كل جزء من أجزاء الصورة، أي أنه بعبارة أخرى يحلل جميع أجزاء الصورة وفقاً لدرجة نصوعها (Brightness of the image).[1-p.156]

وكما هو الحال في مخطط الهستوجرام والذي يعرض توزيع كل بيكسلات الصورة وفقاً لدرجة نصوعها من الإظلام إلى الضوء، فالمخطط الموجي أيضاً يعرض نفس المعلومات ولكنه يتميز عن الهستوجرام بأنه يعرض نصوع جميع بيكسلات الصورة ولكن مع الحفاظ على موقعها الإحداثي الأفقي المطابق لموقعها داخل إطار المشهد الذي يتم تصويره، وبالتالي يستطيع المصور أن يحدد بدقة أي مكان من المشهد يحتاج إلى تعديل تعريضه أو قوة الإضاءة الساقطة عليه.

ويستخدم المخطط الموجي وحدة قياس هي IRE[1]، حيث يبدأ التدريج في أسفل المخطط من (0 IRE) وأحيانا تكتب (0 %) وهي القيمة التي تعبر عن درجة الأسود، ويتدرج صعوداً إلى أعلى المخطط حتى يصل إلى (100 IRE) وأحياناً تكتب (100 %) وهي القيمة التي تعبر عن درجة الأبيض.[4-p.153] كما يظهر في شكل (٧)[2-p.43]. أي أن المحور الرأسي من المخطط الموجي يعبر عن مستوى نصوع الإشارة، بينما يعبر المحور الأفقي عن الإحداثي الأفقي الفعلي للبيكسلات داخل إطار الصورة.[7-p.116]

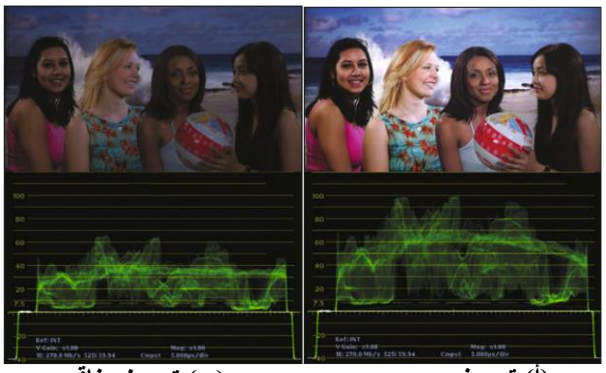


شكل (٧) المحور الرأسي من المخطط الموجي يعبر عن مستوى نصوع الإشارة، بينما يعبر المحور الأفقي عن الإحداثي الأفقي الفعلي للبيكسلات داخل إطار الصورة.

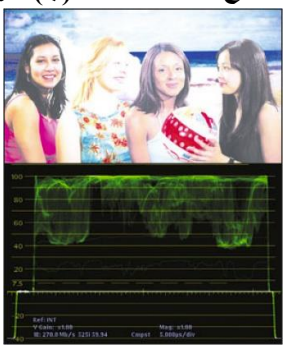
ومعظم المخططات الموجية تحتوي على هامش إضافي في الأسفل (تحت خط الصفر) يصل إلى (10 IRE-) أو (10 %-)، وهامش إضافي في الأعلى (فوق خط المئة) يصل إلى (110 IRE) أو (110 %).

ولذلك يتميز المخطط الموجي بأنه يتيح تقييم التعريض الإجمالي للصورة، كما أنه يمكن مدير التصوير من تسكين كل جزء من أجزاء المشهد في درجة النصوع التي يرغبها له في الصورة النهائية، فعلى سبيل المثال يستخدم بعض مديري التصوير المخطط الموجي في ضبط تعريض بشرة الوجه بحيث تكون عند القيمة (65 IRE).[4-p.153]

وللحصول على تسجيل دقيق لأجزاء المشهد الذي يتم تصويره دون حدوث فقد في التفاصيل سواء في مناطق الإضاءة العالية أو في مناطق الإضاءة المنخفضة، يجب الحرص على التحكم في قوة الإضاءة الساقطة على كل جزء من أجزاء المشهد بحيث تكون مناطق الإضاءة العالية أسفل الخط العلوي للمخطط (100 IRE)، وتكون مناطق الإضاءة المنخفضة أعلى الخط السفلي للمخطط (0 IRE).[7-p.116] كما يظهر في شكل (٨)[2-p.55]، إلاَّ أنه بالطبع يمكن تجاوز ذلك في بعض الأحيان بحيث تتجاوز بعض قيم مناطق الإضاءة العالية الخط العلوي، وتنخفض بعض مناطق الإضاءة المنخفضة عن الخط السفلي.[7-p.116]



(أ) تعريض صحيح **(ب) تعريض ناقص**



(ج) تعريض زائد

شكل (٨) المخطط الموجي في حالة التعريض الصحيح في الصورة (أ) نلاحظ أن الموجات المعبرة عن نصوع الإشارة موزعة بين الخطين العلوي والسفلي للمخطط، بينما في حالة التعريض الناقص في الصورة (ب) نلاحظ أن الموجات المعبرة عن المناطق عالية الإضاءة لم تتجاوز قيمة 60 IRE، وفي حالة التعريض الزائد في الصورة (ج) فإن الموجات المعبرة عن المناطق منخفضة الإضاءة لم تنخفض عن قيمة 40 IRE.

وتجدر الإشارة إلى أن المخطط الموجي يعطي نتائج دقيقة في تقييم النصوع الذي أنتجته الكاميرا لكل جزء من أجزاء المشهد فقط عندما يكون خرج الكاميرا بنظام Rec.709. أما إذا كان خرج الكاميرا بملف الصورة الخام RAW فإن المخطط الموجي في هذه الحالة لا يعكس ترجمة حقيقية لدرجات نصوع الصورة التي تم تسجيلها بالفعل، حيث تكون أقل من قيمها الحقيقية وبخاصة في مناطق الإضاءة العالية، ثم تستعاد مرة أخرى إلى قيمها الأعلى أثناء مرحلة معالجة ملف الصورة grading، كما يظهر في شكل (٩). وللحصول على مخطط موجي صحيح - إلى حد ما - في هذه الحالة، يجب تحويل الصورة إلى نظام Rec.709، سواء من خلال الكاميرا، أو من خلال شاشة monitor يمكنها استضافة نظام LUT[2]. إلاَّ أن هذه الطريقة أيضاً لا تتيح لنا رؤية ترجمة مطابقة تماماً لدرجات النصوع الحقيقية التي تم تسجيلها في الصورة، وبخاصة في مناطق الإضاءة العالية ومناطق الظلال. ولكنها تعطي ترجمة تقريبية لدرجات نصوع الصورة.[2-p.108,120]

[1] IRE= Institute of Radio Engineers

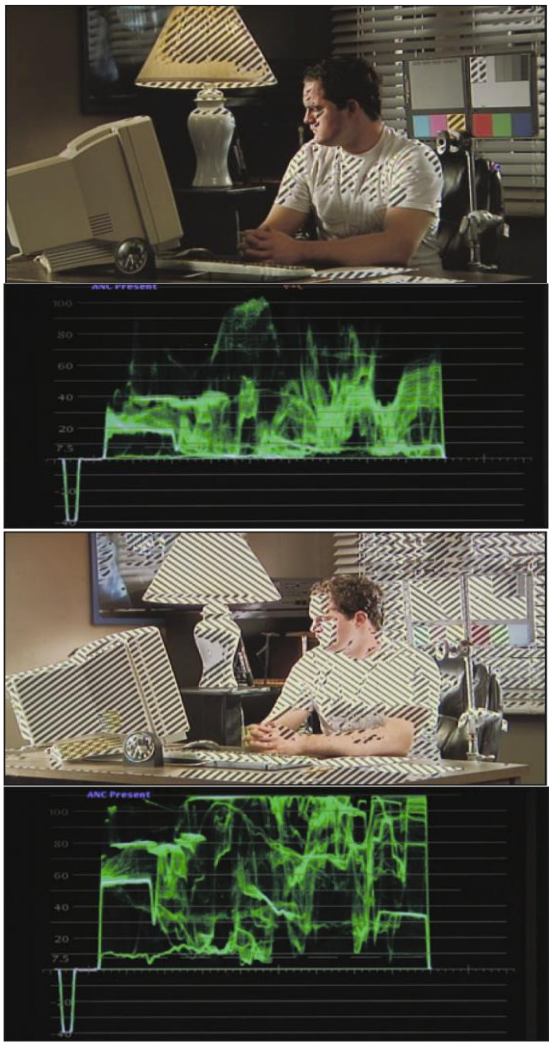
[2] LUT= Look Up Table، وهو وسيلة لإحلال قيمة محل قيمة أخرى دون الحاجة إلى حسابات رياضية. وبعبارة أبسط يمكننا اعتباره كمرشح filter نرى من خلاله الصورة بدرجات مختلفة عن درجاتها الأصلية.

٢-٢-١- تأثير تغير التعريض على المخطط الموجي:
لا توجد علاقة خطية ثابتة بين تأثير تغير التعريض بالزيادة أو النقص وبين شكل المخطط الموجي المعبر عن الصورة. إلاّ أنه في الكثير من الحالات يمكن التنبؤ بتأثير تغير التعريض على شكل المخطط. فإذا تم التصوير مباشرة باستخدام نظام Rec.709[١] بدون أي تعديل للجاما أو أي خصائص أخرى، فإن تغيير التعريض أثناء التصوير بما يعادل فتحة عدسة واحدة أوسع أو أضيق سوف يؤدي إلى تغيير في ارتفاع المخطط الموجي بما يعادل ٢٠٪. وتجدر الإشارة إلى أن هذه القيمة للتغيير تنطبق فقط على الأجزاء المتوسطة من المخطط، أما في مناطق الإضاءة العالية ومناطق الظلال فتكون نسبة التغيير في ارتفاع المخطط أقل من ذلك. كما أن هذه النسبة تعتمد إلى حد كبير على نوع الكاميرا المستخدمة في التصوير، فعلى سبيل المثال في الكاميرا Black magic cine camera عند التصوير على film mode عند تغيير التعريض بما يعادل فتحة عدسة واحدة، يكون التغيير في المخطط الموجي في حدود ١٠٪ في مناطق الإضاءة المنخفضة، وفي حدود ١٣٪ في مناطق الإضاءة العالية.(2-p.108)

شكل (٩) المخطط الموجي لا يعكس ترجمة حقيقية لدرجات نصوع الصورة التي تم تسجيلها بالفعل، في حالة ملف الصورة الخام RAW.

٢- ٣- خطوط التظليل Zebras:
تظهر خطوط التظليل في محدد مرئيات الكاميرا view finder أو على شاشة الكاميرا، وهي عبارة عن خطوط دقيقة متقاربة وتظهر فقط فوق أجزاء المشهد زائدة التعريض over exposed أو فوق الأجزاء التي لها مستوى نصوع محدد مثل بشرة الوجه. أي أن هذه الخطوط تظهر فوق الأجزاء التي لها قيمة نصوع IRE محددة من المشهد. (2-pp.109-110) وتوجد هذه التقنية في العديد من كاميرات الفيديو التقليدية من خلال مجموعة واحدة من خطوط التظليل والتي تستخدم للتحذير من مناطق الإضاءة العالية، حيث تظهر عادة فوق أجزاء الصورة ذات درجة النصوع ٧٠٪. ولا تحتوي هذه الكاميرات التقليدية على مجموعة ثانية من خطوط التظليل للتعبير عن الأجزاء ذات قيم النصوع المتوسطة mid-tones.(13)
أما الكاميرات الرقمية الاحترافية فتتيح اختيار قيمة نصوع محددة لتظهر عندها خطوط التظليل، كما يظهر في شكل (١٠) والذي يعرض شاشة البيانات الخاصة بالكاميرات السينمائية Blackmagic والتي تتيح اختيار قيمة معينة للنصوع تظهر عندها خطوط التظليل في الصورة.(10-p.36)
وبصفة عامة توجد مجموعتان من قيم النصوع التي يمكن ضبط الكاميرا عليها لتظهر عندها خطوط التظليل: المجموعة الأولى مخصصة لقيم متوسطة النصوع mid-tones، مثل درجة نصوع البشرة skin tone. والمجموعة الثانية مخصصة لقيم النصوع العالية، أي أنها تعمل كمؤشر لزيادة التعريض في تلك المناطق، مثل ٩٠ أو ١٠٠ أو ١٠٨IRE. وتستخدم الكاميرات طرق مختلفة للتمييز بين كلاً من مجموعتي خطوط التظليل. فأحياناً تكون الخطوط المميزة لإحدى المجموعتين تميل بزاوية معينة، وخطوط المجموعة الأخرى تميل بالزاوية العكسية. كما يظهر في شكل (١١) والذي يعرض الطريقة التي تستخدمها شركة سوني للتمييز بين مجموعتي خطوط التظليل، ومقارنتها بالمخطط الموجي لكل صورة. وعادة تتيح الكاميرات أيضاً إيقاف أي من خطوط المجموعتين أو كلاهما، كما يظهر في شكل (١٢). ومن الضروري جداً عند استخدام تقنية خطوط التظليل في تقييم التعريض الضوئي في الصورة الرقمية أن نعلم قيم النصوع التي تظهر عندها خطوط التظليل في كل مجموعة، وإلاّ فلن تكون هناك أي جدوى من استخدامها في تقييم التعريض.(2-pp.109-110)

شكل (١٠) شاشة بيانات الكاميرات السينمائية Blackmagic تتيح اختيار قيمة النصوع التي تظهر عندها خطوط التظليل.



شكل (١١) مجموعتي خطوط التظليل في كاميرا Sony إحداهما تغطي المناطق ذات درجة النصوع ٧٠٪ والأخرى تميل بالزاوية العكسية وتغطي المناطق ذات درجة النصوع ١٠٠٪. ومقارنتهما بالمخطط الموجي في حالتي التعريض الصحيح في الصورة العليا والتعريض الزائد في الصورة السفلى.

[١] هو نظام في كاميرات الفيديو عالية الحدة HD حل محل نظامي PAL, NTSC وهو يحدد العديد من خصائص الصورة مثل الفراغ اللوني color space ومنحنى الجاما gamma curve ونسبة أبعاد الإطار aspect ratio ومعدل تصوير اللقطات frame rate، والعديد من التفاصيل الهندسية في الصورة. وهو فراغ لوني شائع في أجهزة العرض displays عالية الحدة HD.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

وتتيح الكاميرات الرقمية التي تنتجها شركة Red كلا المجموعتين من خطوط التظليل، فكما يظهر في شكل (١٢) تغطي المجموعة الأولى من خطوط التظليل الأجزاء من الصورة ذات درجات النصوع العالية والتي تزيد عن 85 IRE، بينما تغطي المجموعة الثانية من خطوط التظليل - والتي تميل بزاوية عكسية - الأجزاء من الصورة ذات درجات النصوع المنخفضة جداً والتي تقل عن 10 IRE.[13]

شكل الصورة عند تفعيل خاصية خطوط التظليل بكلا مجموعتيها - Dual Zebra Indicators

شكل الصورة عند تفعيل خاصية خطوط التظليل في مناطق الإضاءة العالية فقط - Single Zebra Indicators

شكل الصورة بدون تفعيل خاصية خطوط التظليل - Standard View

شكل (١٢) مجموعتي خطوط التظليل في الكاميرات التي تنتجها شركة Red حيث تظهر خطوط إحدى المجموعتين فوق المناطق التي يزيد نصوعها عن 85 IRE، وتظهر خطوط المجموعة الأخرى التي تميل بشكل عكسي فوق المناطق التي يقل نصوعها عن 10 IRE. ويمكن إخفاء خطوط المجموعة الثانية أو إخفاء خطوط كلتا المجموعتين.

٢ - ٤ - ألوان التحذير False Color Exposure Displays:

تحتوي العديد من الكاميرات الرقمية على خاصية ألوان التحذير للمساعدة في تقييم التعريض الضوئي في الأجزاء المختلفة من المشهد المصور. حيث تعرض الكاميرا درجات لونية مختلفة فوق أماكن من الصورة لها درجات نصوع محددة. بحيث تكون كل درجة لون مميزة لدرجة معينة من النصوع. وبذلك يمكن التحكم في درجة النصوع التي نرغبها في كل جزء من أجزاء المشهد عن طريق تغيير قوة الإضاءة الساقطة على هذا الجزء حتى يتلون على شاشة الكاميرا باللون المميز لهذه الدرجة من النصوع. وتجدر الإشارة إلى أن نجاح هذه التقنية في تقييم التعريض يعتمد بشكل كامل على معرفة درجة النصوع التي يعبر عنها كل لون. ونظراً لأن ظهور صورة المشهد على شاشة الكاميرا وهي مغطاة بدرجات لونية مختلفة قد يؤدي إلى عدم وضوح الرؤية أثناء التصوير، فيمكن تفعيل هذه الخاصية فقط أثناء ضبط إضاءة المشهد وتحديد فتحة العدسة المناسبة للتصوير، ثم إيقافها عند بدء التصوير shooting حتى لا تعوق المصور عن رؤية التكوين بشكل واضح.[2-pp.112-113]

وتختلف الكاميرات الرقمية في عدد ودلالات الألوان المستخدمة للتعبير عن قيم محددة للنصوع، فكما يظهر في شكل (١٣) يظهر اللون الأحمر للتحذير من فقد التفاصيل في مناطق الإضاءة العالية في الكاميرا الرقمية PHASEONE XF.[11-p.39]

شكل (١٣) يظهر اللون الأحمر على شاشة الكاميرا الرقمية PHASEONE XF للتحذير من فقد التفاصيل في مناطق الإضاءة العالية من الصورة المجموعتين.

بينما تستخدم الكاميرات السينمائية Arri Alexa ستة ألوان للتعبير عن درجات نصوع محددة بالقيم المعروضة في جدول (١).[9-p.39] أما الكاميرات الرقمية التي تنتجها شركة Red فتتيح الاختيار بين نظامين من أنظمة الألوان التحذيرية: النظام الأول هو نظام Exposure False Color Mode والذي تظهر فيه جميع أجزاء الصورة بدرجات الرمادي، ويستخدم اللونين الأحمر والبنفسجي للتحذير من مناطق الإضاءة العالية ومناطق الظلال على الترتيب.

جدول (١) دلالات الألوان التحذيرية false color التي تستخدمها الكاميرات السينمائية Arri Alexa

Color	Level	Description
red	99 – 100%	White clipping
yellow	97 – 99%	Just below white clipping/white shoulder
pink	52 – 56%	One stop over medium gray (Caucasian skin)
green	38 – 42%	18% neutral gray
blue	2.5 – 4.0%	Just above black clipping/black slope
purple	0 – 2.5%	Black clipping

فعندما يظهر اللون الأحمر ويغطي أي جزء من الصورة عدا مصادر الإضاءة أو الانعكاسات الضوئية المباشرة على الأجسام اللامعة فإن ذلك يعني أن الصورة زائدة التعريض. وعندما يغطي اللون البنفسجي أي جزء من الصورة عدا مناطق الظلال فإن ذلك يعني أن الصورة ناقصة التعريض. ويوضح شكل (١٤) كيفية ظهور اللونين الأحمر والبنفسجي فوق أجزاء الصورة التي تنتجها كاميرات الـ Red عند تفعيل خاصية Exposure mode.[13]

مؤشر الألوان التحذيرية والذي يظهر أسفل شاشة الكاميرا عندما تكون الخاصية مفعلة

شكل الصورة عند تفعيل خاصية
Exposure False Color Mode

شكل الصورة بدون تفعيل خاصية
Exposure False Color Mode

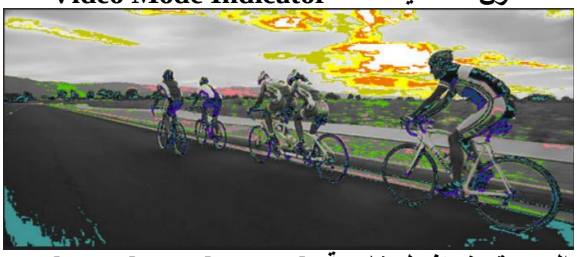
شكل (١٤) تظهر جميع أجزاء الصورة بدرجات الرمادي ويستخدم اللون الأحمر للتحذير من مناطق الإضاءة العالية، واللون البنفسجي للتحذير من مناطق الظلال، عند تفعيل خاصية ألوان التحذير Exposure False Color Mode التي تتيحها كاميرات Red

أما النظام الثاني للألوان التحذيرية الذي تتيحه الكاميرات الرقمية التي تنتجها شركة Red هو نظام Video False Color Mode والذي تظهر فيه مجموعة من الألوان المختلفة تغطي درجات نصوع محددة من الصورة، كما يظهر في شكل (١٥). بحيث يغطي اللون الأخضر green الجزء من الصورة الذي له درجة نصوع ١٨٪، ويغطي اللون الزهري pink درجة نصوع البشرة skin tones، والألوان الكموني straw والأصفر yellow والبرتقالي orange فهم يغطون درجات النصوع لمناطق الإضاءة العالية ويتدرجوا في الزيادة على الترتيب حتى يقتربوا من الأبيض، واللون السماوي teal يغطي مناطق الظلال، واللون الأزرق blue يغطي الأجزاء الداكنة جدا والتي تقترب كثيراً من الأسود.[13]

٢- ٥- تقنية Goal Posts:

كما ذكرنا سابقاً فإن التعريض المثالي هو الذي يوازن بين عدم حدوث فقد في التفاصيل في مناطق الإضاءة العالية clipping high lights وبين عدم ظهور تشويش noise في مناطق الظلال. وللمساعدة في تحقيق هذا الهدف ابتكرت شركة Red خاصية الـ goal posts في كاميراتها بحيث تعبر عن عدد البيكسلات التي فقدت التفاصيل في مناطق الإضاءة العالية، وعدد البيكسلات التي حدث تشويش في إشارتها noise في مناطق الظلال. فكما يظهر في شكل (١٦) يوجد مؤشرين رأسيين في أقصى يمين وأقصى يسار مخطط الهستوجرام، بحيث يعبر المؤشر الأيمن عن عدد البيكسلات التي حدث لها فقد في التفاصيل clipped نتيجة زيادة التعريض. بينما يعبر المؤشر الأيسر عن عدد البيكسلات التي حدث لها تشويش noise في إشارتها نتيجة نقص التعريض. وكلما زاد ارتفاع أي من المؤشرين فإن ذلك يعني زيادة عدد البيكسلات التي حدث لها فقد في التفاصيل أو تشويش. وتم تصميم كلا من المؤشرين بحيث يكون أقصى ارتفاع له هو ربع (٤/١) العدد الإجمالي لبيكسلات الصورة.

مؤشر الألوان التحذيرية والذي يظهر أسفل شاشة الكاميرا عندما تكون الخاصية مفعلة Video Mode Indicator

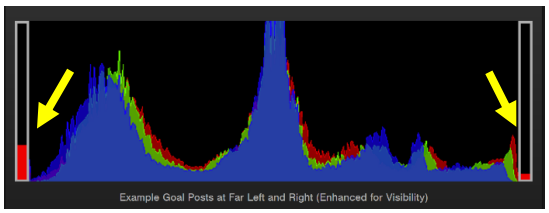


الصورة عند تفعيل خاصية Video False Color Mode

الصورة بدون تفعيل خاصية Video False Color Mode

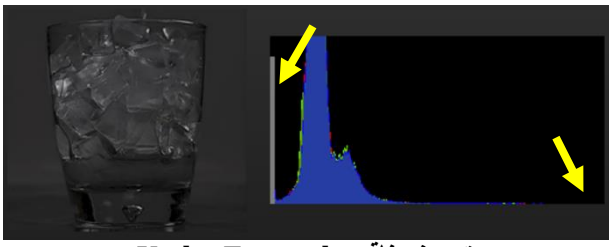
شكل (١٥) تظهر جميع أجزاء الصورة بدرجات الرمادي وتستخدم درجات لونية مختلفة لتغطية المناطق ذات درجات نصوع محددة من الصورة، عند تفعيل خاصية ألوان التحذير Video False Color Mode التي تتيحها كاميرات Red

وبصفة عامة فإن زيادة ارتفاع المؤشر الأيسر يكون أقل ضرراً من زيادة ارتفاع المؤشر الأيمن، فقد يصل ارتفاع المؤشر الأيسر إلى منتصفه وتظل نسبة التشويش الإجمالية في الصورة مقبولة، في حين أن أقل ارتفاع في المؤشر الأيمن قد يكون غير مقبول على حسب موقع البيكسلات التي حدث لها فقد في التفاصيل من الصورة. ويظهر في شكل (١٧) مثال على ارتفاع المؤشر الأيمن والمؤشر الأيسر في حالة زيادة التعريض وحالة نقص التعريض وحالة التعريض الصحيح.[12]

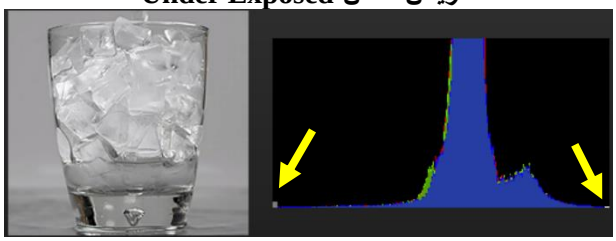


شكل (١٦) تقنية ال Goal Posts في الكاميرات التي تنتجها شركة Red. المؤشر الأيمن يعبر عن عدد البيكسلات التي حدث لها فقد تفاصيل في مناطق الإضاءة العالية نتيجة زيادة التعريض، والمؤشر الأيسر يعبر عن عدد البيكسلات التي حدث تشويش في إشارتها نتيجة نقص التعريض.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



تعريض ناقص-Under Exposed



تعريض صحيح-Correct Exposed

تعريض زائد-Over Exposed

شكل (١٧) مثال على ارتفاع المؤشرين الأيمن والأيسر في حالة التعريض الصحيح والزائد والناقص. في تقنية ال Goal Posts في الكاميرات التي تنتجها شركة Red.

النتائج Results:

١. الوسائط الحساسة المستخدمة مع الكاميرات الرقمية لديها حساسية شديدة لفقد التفاصيل في مناطق الإضاءة العالية من المشاهد المصورة clipping highlights وهذه التفاصيل المفقودة لا يمكن استعادتها مرة أخرى في عمليات المعالجة اللاحقة post processing. على العكس من استجابتها العالية لتسجيل التفاصيل في مناطق الإضاءة المنخفضة من المشاهد المصورة low light response. والتي يمكن استعادتها في عمليات المعالجة اللاحقة، ولكن قد يؤدي ذلك إلى زيادة نسبة التشويش noise في تلك المناطق.

٢. تقنيات تقييم التعريض الضوئي التي تتيحها الكاميرات الرقمية تمنحنا تحليلاً كاملاً لدرجات النصوع التي أنتجتها بيكسلات الكاميرا الرقمية للأجزاء المختلفة من المشاهد المصورة، وبالتالي نستطيع أن نقوم بتعديل التعريض بالزيادة أو النقص، أو تغيير نسبة تباين الإضاءة بين الأجزاء المختلفة للمشهد، لزيادة أو خفض التعريض في أجزاء معينة من الصورة دون غيرها، فنحصل على التعريض الذي يحقق هدف الصورة الفوتوغرافية أو السينمائية أو التليفزيونية.

٣. بعض تقنيات تقييم التعريض مثل المخطط الموجي وخطوط التظليل وألوان التحذير تحلل درجات النصوع التي أنتجتها بيكسلات الكاميرا مع المحافظة على إحداثي البيكسل – الأفقي فقط في حالة المخطط الموجي – داخل إطار الصورة. والبعض الآخر مثل الهستوجرام والgoal posts تتعامل مع كل بيكسلات الصورة بشكل مجمع دون الإشارة إلى موقع كل منها داخل إطار الصورة.

٤. تعمل تقنية مخطط الهستوجرام على تحليل درجات النصوع التي أنتجتها جميع بيكسلات الكاميرا، بحيث تقع البيكسلات ذات درجات النصوع المنخفضة على يسار المخطط، وكلما زادت درجة النصوع يتحرك موقع البيكسل ناحية اليمين. وبذلك نستطيع إعادة التصوير مرة أخرى بتعريض مختلف أزيد أو أنقص لنصل إلى شكل المخطط الذي يتناسب مع درجات النصوع التي نرغبها للمناطق المختلفة من المشهد الذي نقوم بتصويره.

٥. تعمل تقنية المخطط الموجي waveform على تحليل درجات النصوع التي أنتجتها بيكسلات الكاميرا بحث تقع البيكسلات ذات درجات النصوع المنخفضة في أسفل المخطط بالقرب من خط الصفر، وتقع البيكسلات ذات درجات النصوع العالية في أعلى المخطط بالقرب من خط المئة. وبذلك نستطيع تغيير قوة الإضاءة الساقطة على أي جزء من أجزاء المشهد المصور حتى يرتفع أو ينخفض جانب المخطط الموجي المعبر عن هذا الجزء، لنحقق التعريض المطلوب لجميع أجزاء الصورة.

٦. تعمل تقنية خطوط التظليل zebras بحيث تظهر مجموعة من الخطوط المائلة لتغطي المناطق ذات الإضاءة العالية من الصورة، ومجموعة أخرى من الخطوط التي تميل بزاوية عكسية إما لتغطي المناطق ذات الإضاءة المتوسطة، أو مناطق الظلال من الصورة حسب قيم النصوع التي تتيح الكاميرا الاختيار من بينها. وبذلك نستطيع تغيير قوة الإضاءة الساقطة على أجزاء معينة من المشهد حتى تظهر - أو تختفي - فوقها أي من مجموعتي الخطوط.

٧. تعمل تقنية ألوان التحذير false color بحيث تغطي مجموعة من الألوان المختلفة مناطق معينة من الصورة، كل لون منهم يكون مميزاً لدرجة معينة من النصوع. وبذلك نستطيع التحكم في تعريض كل جزء من الصورة، عن طريق التحكم في قوة الإضاءة الساقطة على كل جزء من المشهد المصور؛ حتى يظهر فوق صورة هذا الجزء اللون الذي يعبر عن درجة النصوع التي نرغبها له.

الخلاصة Conclusions:

١. جميع التقنيات التي تستخدمها الكاميرات الرقمية لتقييم التعريض الضوئي لا يمكن النظر إليها بشكل منفصل عن المشهد الذي يتم تصويره، وإنما يجب تفحصها أثناء التصوير، لمقارنتها بدرجات النصوع الأصلية للأجزاء المختلفة من المشهد. فعلى سبيل المثال قد يكون مخطط الهستوجرام متكتلاً ناحية اليمين، أي أن أغلب البيكسلات أنتجت درجات نصوع عالية، فهذا المخطط قد يعبر عن صورة صحيحة التعريض إذا كانت معظم أجزاء المشهد الأصلي عالية النصوع، ونفس هذا المخطط قد يعبر عن صورة زائدة التعريض إذا كانت الأجزاء عالية النصوع من المشهد الأصلي قليلة وغير غالبة. ولذلك فيجب في هذه الحالة تعديل التعريض الإجمالي في الصورة بالتصوير مرة أخرى: إما باستخدام فتحة عدسة أضيق، أو بخفض قوة الإضاءة الساقطة على أجزاء معينة من الصورة.

٢. للحصول على تسجيل دقيق لأجزاء المشهد الذي يتم تصويره دون حدوث فقد في التفاصيل سواء في مناطق الإضاءة العالية أو في مناطق الإضاءة المنخفضة، يجب الحرص على التحكم في قوة الإضاءة الساقطة على كل جزء من أجزاء المشهد بحيث لا تتجاوز مناطق الإضاءة العالية الحد الأقصى لأي من تقنيات التقييم، ولا تتجاوز مناطق الإضاءة المنخفضة الحد الدنى لأي من تقنيات التقييم.

٣. نظراً لأنه لا يمكن استعادة التفاصيل المفقودة في مناطق الإضاءة العالية من المشاهد المصورة، في حين يمكن تحسين التفاصيل بدرجة كبيرة في مناطق الظلال أثناء المعالجة اللاحقة للتصوير، ففي حالة وجود شك لدى المصور/مدير التصوير من صحة التعريض فليجنح إلى إنقاص التعريض قليلاً حتى يضمن الحفاظ

على تفاصيل المشهد دون أي فقد.

٤. في حالة استخدام تقنية خطوط التظليل zebras أو تقنية ألوان التحذير false color فمن الضروري جداً أن نعلم قيم النصوع التي تظهر عندها خطوط التظليل بدرجتي ميلها، أو تظهر عندها درجات الألوان المختلفة، وإلاَّ فلن تكون هناك أي جدوى من استخدامها في تقييم التعريض.

المراجع References:

Books:

1. Blain Brown, "Cinematography: Theory and Practice: Image Making for Cinematographers and Directors", second edition, ELSEVIER INC., 2012.
2. Blain Brown, "The Filmmaker's Guide to Digital Imaging: For Cinematographers, Digital Imaging Technicians, and Camera Assistants", Taylor & Francis Group, 2015.
3. David D. Busch,"David Busch's Quick Snap Guide to Lighting", Course Technology PTR, 2009.
4. James Ball, Robbie Carman, Matt Gottshalk, and Richard Harrington," From Still to Motion: A photographer's guide to creating video with your DSLR", New Riders, 2010.
5. Jay Dickman, Jay Kinghorn," Perfect Digital Photography", Second Edition, The McGraw-Hill Companies, 2009.
6. John Child, "Studio Photography: Essential Skills", Fourth Edition, Elsevier, 2008.
7. Paul Wheeler, "High Definition Cinematography", Third Edition, Elsevier Ltd., 2009.
8. Sonja Schenk, Ben Long, "The Digital Filmmaking Handbook", Fourth Edition, Course Technology, 2012.

Publications:

9. Alexa Pocket Guide SUP.11.0, 30 September 2015.
10. Installation and Operation Manual, "Blackmagic Design Compact Cameras", July 2016.
11. PHASEONE, XF Camera System Manual, 2017.

Internet Sites:

12. http://www.red.com/learn/red-101/red-camera-exposure-tools
13. http://www.red.com/learn/red-101/exposure-false-color-zebra-tools

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License