**قيم معلمات الصور لأنظمة التلفزيون  
ذات المدى الدينامي الواسع من أجل الاستعمال في إنتاج البرامج وتبادلها دولياً**

**السلسلة BT**

**الخدمة الإذاعية**

**(التلفزيونية)**

**التوصيـة ITU-R  BT.2100-0  
(2016/07)**

**تمهيـد**

يضطلع قطاع الاتصالات الراديوية بدور يتمثل في تأمين الترشيد والإنصاف والفعالية والاقتصاد في استعمال طيف الترددات الراديوية في جميع خدمات الاتصالات الراديوية، بما فيها الخدمات الساتلية، وإجراء دراسات دون تحديد لمدى الترددات، تكون أساساً لإعداد التوصيات واعتمادها.

ويؤدي قطاع الاتصالات الراديوية وظائفه التنظيمية والسياساتية من خلال المؤتمرات العالمية والإقليمية للاتصالات الراديوية وجمعيات الاتصالات الراديوية بمساعدة لجان الدراسات.

سياسة قطاع الاتصالات الراديوية بشأن حقوق الملكية الفكرية (IPR)

يرد وصف للسياسة التي يتبعها قطاع الاتصالات الراديوية فيما يتعلق بحقوق الملكية الفكرية في سياسة البراءات المشتركة بين قطاع تقييس الاتصالات وقطاع الاتصالات الراديوية والمنظمة الدولية للتوحيد القياسي واللجنة الكهرتقنية الدولية (ITU‑T/ITU‑R/ISO/IEC) والمشار إليها في الملحق 1 بالقرار ITU‑R 1. وترد الاستمارات التي ينبغي لحاملي البراءات استعمالها لتقديم بيان عن البراءات أو للتصريح عن منح رخص في الموقع الإلكتروني [http://www.itu.int/ITU‑R/go/patents/en](http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en) حيث يمكن أيضاً الاطلاع على المبادئ التوجيهية الخاصة بتطبيق سياسة البراءات المشتركة وعلى قاعدة بيانات قطاع الاتصالات الراديوية التي تتضمن معلومات عن البراءات.

|  |  |
| --- | --- |
| **سلاسل توصيات قطاع الاتصالات الراديوية**  (يمكن الاطلاع عليها أيضاً في الموقع الإلكتروني <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>) | |
| **السلسلة** | **العنـوان** |
| **BO** البث الساتلي | |
| **BR** التسجيل من أجل الإنتاج والأرشفة والعرض؛ الأفلام التلفزيونية | |
| **BS** الخدمة الإذاعية (الصوتية) | |
| **BT الخدمة الإذاعية (التلفزيونية)** | |
| **F** الخدمة الثابتة | |
| **M** الخدمة المتنقلة وخدمة الاستدلال الراديوي وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة | |
| **P** انتشار الموجات الراديوية | |
| **RA** علم الفلك الراديوي | |
| **RS** أنظمة الاستشعار عن بُعد | |
| **S** الخدمة الثابتة الساتلية | |
| **SA** التطبيقات الفضائية والأرصاد الجوية | |
| **SF** تقاسم الترددات والتنسيق بين أنظمة الخدمة الثابتة الساتلية والخدمة الثابتة | |
| **SM** إدارة الطيف | |
| **SNG** التجميع الساتلي للأخبار | |
| **TF** إرسالات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت | |
| **V** المفردات والمواضيع ذات الصلة | |

|  |
| --- |
| ***ملاحظة****: تمت الموافقة على النسخة الإنكليزية لهذه التوصية الصادرة عن قطاع الاتصالات الراديوية بموجب الإجراء الموضح في القرار ITU-R 1.* |

*النشر الإلكتروني*جنيف، 2017

© ITU 2017

جميع حقوق النشر محفوظة. لا يمكن استنساخ أي جزء من هذه المنشورة بأي شكل كان ولا بأي وسيلة إلا بإذن خطي من  
الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU).

التوصيـة ITU-R BT.2100-0[[1]](#footnote-1)

قيم معلمات الصور لأنظمة التلفزيون ذات المدى الدينامي الواسع  
من أجل الاستعمال في إنتاج البرامج وتبادلها دولياً

 (2016)

مجال التطبيق

يوفر التلفزيون ذو المدى الدينامي الواسع (HDR-TV) للمشاهدين تجربة مرئية محسنة من خلال توفير الصور التي أنتجت لتبدو صحيحة على شاشات أنصع، تبرز المعالم بقدر أكبر من الوضوح، وتوفر تفاصيل محسنة في المناطق المظلمة. وتحدد هذه التوصية معلمات صور التلفزيون ذي المدى الدينامي الواسع لاستخدامها في عمليات الإنتاج وتبادل البرامج الدولية باستخدام طريقة التكميم الإدراكي (PQ) وطريقة لوغاريتم غاما الهجين (HLG).

مصطلحات أساسية

المدى الدينامي الواسع، HDR، التلفزيون، HDR-TV، معلمات نظام الصور، الإنتاج التلفزيوني، تبادل البرامج الدولي، التدرج اللوني الواسع، التكميم الإدراكي، PQ، لوغاريتم غاما الهجين، HLG.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

*أ )* أن قطاع الاتصالات الراديوية قد حدد أنساق صور التلفزيون الرقمي من أجل التلفزيون عالي الوضوح (HDTV) والتلفزيون فائق الوضوح (UHDTV) في التوصيتين ITU‑R BT.709 وITU‑R BT.2020؛

*ب)* أن أنساق الصور التلفزيونية هذه كانت محدودة في المدى الدينامي للصور التي يمكن أن توفرها بحكم اعتمادها على خصائص أنبوب الأشعة الكاثودية (CRT) التقليدية التي تحد من نصوع الصورة والتفاصيل في المناطق المظلمة؛

*ج)* أن شاشات التلفزيون الحديثة قادرة على عرض الصور بدرجة نصوع أعلى ونسبة تباين أكبر وتدرج ألوان أوسع مما توفره أساليب إنتاج البرامج التقليدية؛

*د )* أن المشاهدين يتوقعون أنظمة تلفزيونية مستقبلية توفر خصائص محسنة مقارنةً بأنظمة التلفزيون عالي الوضوح (HDTV) وفائق الوضوح (UHDTV) المتاحة حالياً، من حيث تعزيز الإحساس بالواقعية وزيادة الشفافية للعالم الحقيقي وتوفير معلومات مرئية أكثر دقة؛

*ه )* أن التلفزيون ذا المدى الدينامي الواسع (HDR‑TV) أثبت أنه قادر على زيادة استمتاع المشاهد بالصور التلفزيونية؛

*و )* أن التلفزيون HDR‑TV يوفر "خطوة" تحسن في تجربة المشاهد من خلال زيادة النصوع إلى حد كبير والتفصيل في إبراز الملامح وانتثار الأجسام العاكسة، بينما يوفر المزيد من التفصيل في المناطق المظلمة؛

*ز )* أن الجمع بين المدى الدينامي الموسع والتدرج اللوني الموسع يعطي التلفزيون HDR‑TV قدراً أكبر بكثير من عمق الألوان؛

*ح)* أن أنساق صور التلفزيون HDR‑TV ينبغي أن تتمتع، حسب الاقتضاء، بدرجة من التوافق مع أساليب سير العمل والبُنى التحتية الراهنة؛

*ط)* أنه ينبغي تحديد بيئة مشاهدة مرجعية تشتمل على معلمات الشاشة لأنساق صور التلفزيون HDR-TV،

وإذ تضع في اعتبارها أيضاً

أنه نظراً للتطورات السريعة في تكنولوجيا المدى الدينامي الواسع (HDR)، قد يرغب الاتحاد في أن يستعجل النظر في إجراء تحديثات وتحسينات في هذه التوصية،

وإذ تلاحظ

أن التقرير ITU-R BT.2390 يحتوي على معلومات كثيرة عن طريقتين لتحقيق مواصفات التلفزيون HDR-TV،

توصي

باستعمال المواصفات الواردة في هذه التوصية من أجل إنتاج برامج التلفزيون ذي المدى الدينامي الواسع (HDR-TV) أو التكميم الإدراكي (PQ) أو لوغاريتم غاما الهجين (HLG) وتبادلها دولياً.

**ملاحظة** - تسمح مواصفة التكميم الإدراكي (PQ) بتحقيق مستويات نصوع واسعة المدى من أجل عمق معين للبتات باستعمال وظيفة التحويل اللاخطي التي يتم ضبطها بدقة من أجل مواءمتها مع الجهاز البصري البشري. وتوفر مواصفة لوغاريتم غاما الهجين (HLG) درجة من التوافق مع شاشات العرض التقليدية من خلال مواءمة أدق مع منحنيات التحويل التلفزيوني المعدة سابقاً. ويمكن تحقيق التحويل بين هذه الأنساق باستخدام النهج الموضح في الملحق 2 الإعلامي.

الجدول 1

الخصائص المكانية والزمانية للصورة

|  |  |
| --- | --- |
| المعلمة | القيم |
| شكل حاوية الصورة 1a | 16:9 |
| عد بيكسلات الحاوية 1b  رأسي × أفقي | 7 680 × 4 320  3 840 × 2 160  1 920 × 1 080 |
| شبيكة أخذ العينات | متعامد |
| النسبة الباعية للبيكسلات | 1:1 (بيكسلات مربعة) |
| ترتيب البيكسلات | ترتيب البيكسلات في كل صف من اليسار إلى اليمين، ويكون ترتيب الصفوف من أعلى إلى أسفل. |
| تردد الرتل (Hz) | 120، 120/1,001، 100، 60، 60/1,001، 50، 30، 30/1,001، 25، 24، 24/1,001 |
| نسق الصورة | تدريجي |

**الملاحظة 1a** – تستخدم الحاوية لتحديد القيود الأفقية والرأسية لنسق الصورة.

**الملاحظة 1b** - ينبغي أن تستخدم عمليات الإنتاج نسق الصورة الأعلى استبانة إلى أقصى حد ممكن عملياً. ومن المسلم به أن العينات في كثير من الحالات تنحدر من المنتجات عالية الاستبانة إلى أنساق أقل استبانة للتوزيع. ومن المعروف أن الإنتاج في نسق استبانة أعلى، ثم انحدار العينات إلكترونياً للتوزيع، يفضي إلى نوعية متفوقة من الإنتاج في الاستبانة المستخدمة للتوزيع.

الجدول 2

القياس اللوني للنظام

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| المعلمة | | القيم | | |
| **الطيف البصري (للعلم)** | **إحداثيات اللونية (CIE, 1931)** | |
| ***x*** | ***y*** |
| الألوان الأساسية | أحمر أساسي (R) | وحيد اللون nm 630 | 0,708 | 0,292 |
| أخضر أساسي (G) | وحيد اللون nm 532 | 0,170 | 0,797 |
| أزرق أساسي (B) | وحيد اللون nm 467 | 0,131 | 0,046 |
| أبيض مرجعي | | D65 بحسب المعيار ISO 11664-2:2007 | 0,3127 | 0,3290 |
| وظائف مواءمة الألوان | | CIE 1931 | | |

يحدد الجدول 3 المعلمات لاستحداث بيئة مشاهدة مرجعية من أجل المشاهدة الناقدة لمواد برامج المدى الدينامي الواسع (HDR) أو البرامج الكاملة التي ي‍مكنها توفير نتائج قابلة للتكرار من مرفق لآخر عند مشاهدة نفس المواد. ومن الممكن إنشاء مرافق المشاهدة بأساليب عديدة، بل سوف يستمر ذلك، من جانب الكيانات المعنية بالمونتاج وتصحيح الألوان وعرض الأفلام وما شابه ذلك، ولا يقصد من المواصفات الواردة في هذا الجدول الإيحاء بالحاجة إلى التوحيد المطلق في هذه المرافق.

الجدول 3

بيئة المشاهدة المرجعية من أجل المشاهدة الناقدة لمواد برامج المدى الدينامي الواسع (HDR)

| المعلمة | القيم |
| --- | --- |
| الخلفية والحولية3a | رمادي محايد عند D65 |
| نصوع الخلفية | 5 cd/m2 |
| نصوع الحولية | ≥ 5 cd/m2 |
| الإضاءة المحيطة | تجنب سقوط النور على الشاشة |
| مسافة المشاهدة3b | لنسق 1 920 x 1 080: ارتفاع الصورة 3,2  لنسق 3 840 x 2 160: ارتفاعات الصور 1,6 إلى 3,2  لنسق 7 680 x 4 320 : ارتفاعات الصور 0,8 إلى 3,2 |
| ذروة نصوع الشاشة 3c | ≤ 1 000 cd/m2 |
| نصوع الشاشة الأدنى (سوية السواد)3d | ≥ 0,005 cd/m2 |
| **الملاحظة 3a** – تعرّف الخلفية والحولية في المعيار CIE 159:2004 في "نموذج المظهر اللوني لأنظمة إدارة الألوان: CIECAM02".  **الملاحظة 3b** – عندما يتناول تقييم الصورة مسألة الاستبانة، ينبغي استخدام القيمة الأدنى لمسافة المشاهدة. وعندما لا يتناول مسألة الاستبانة، يمكن استخدام أي مسافة مشاهدة في المدى المبيّن.  **الملاحظة 3c** – هذا لا يعني ضرورة تحقيق النصوع لكامل بياض الصورة وإنما إبراز معالم مناطق صغيرة.  **الملاحظة 3d** – يتحدد مستوى السواد الفعلي باستخدام إشارة تجهيزات توليد ضبط الصورة (PLUGE) وقد يختلف عن القيمة المبيّنة. | |

يصف الجدولان 4 و5 وظائف التحويل من أجل نسق التكميم الإدراكي (PQ) ونسق لوغاريتم غاما الهجين (HLG)، على التوالي. وينبغي أن يؤدي إنتاج التلفزيون ذي المدى الدينامي الواسع وشاشة عرضه إلى الاستخدام المتسق لوظائف التحويل لأحد النظامين ولكن لا يجوز الجمع بين الإثنين. ويوضح الملحق 1 الإعلامي معاني مختلف وظائف التحويل وأين تستخدم في سلسلة نقل الإشارة. ويوفر الملحق 3 الإعلامي معلومات عن المعادلات البديلة التي من شأنها أن تيسر تنفيذ وظائف التحويل هذه.

الجدول 4

وظائف النقل اللاخطي المرجعية لنظام التكميم الإدراكي (PQ)

| المعلمة | القيم |
| --- | --- |
| إشارة الدخل إلى وظيفة التحويل الإلكتروني-البصري (EOTF) للتكميم الإدراكي | القيمة المشفرة PQ اللاخطية.  الوظيفة EOTF تنقل الإشارة PQ اللاخطية إلى ضوء الشاشة. |
| PQ EOTF المرجعية 4a | حيث:  *E'* تشير إلى قيمة اللون اللاخطية *{R', G', B'}* أو *{L', M', S'}* في حيز PQ [0,1]  *FD* هي نصوع مكونة خطية *معروضة {RD, GD, BD}* أو *YD* أو *ID,* بوحدة cd/m2.4b  بحيث عندما تكون *R'=G'=B'*، يكون البيكسل المعروض عديم اللون.  *Y* تشير إلى قيمة لون خطية معايرة، في المدى [0:1]  *m*1= 2610/16384 = 0,1593017578125  *m*2= 2523/4096 × 128 = 78,84375  *c*1 = 3424/4096 =0,8359375 = *c*3 − *c*2 + 1  *c*2 = 2413/4096 × 32 = 18,8515625  *c*3 = 2392/4096 × 32 = 18,6875 |
| إشارة دخل إلى وظيفة التحويل البصري-البصري (OOTF) للتكميم الإدراكي | الضوء الخطي المشهدي.  الوظيفة OOTF تنقل الضوء الخطي المشهدي إلى الضوء الخطي على الشاشة. |
| PQ OOTF المرجعية | *FD* = OOTF[*E*] = G1886 [G709[*E*]]  حيث  *E* = {*RS* أو *GS* أو *BS* أو *YS* أو *IS*} هي الإشارة التي تتحدد بضوء المشهد ومقياس تعرض الكاميرا  *E′* هي التمثيل اللاخطي للإشارة *E*  *FD* هي نصوع مكونة خطية معروضة (*RD* أو *GD* أو *BD* أو *YD* أو *ID*)  القيم *E*، *RS*، *GS*، *BS*، *YS*، *IS* تقع في المدى [0:1]  *FD* = G1886 [ G709[*E*]] = G1886 *E′*  *E′* = G709[*E*] = 1,099 (59,5208 *E*)0,45 – 0,099 for 1 > *E* > 0,0003024  = 267,84 *E*for 0,0003024 ≥ *E* ≥ 0  *FD* = G1886[*E'*] = 100 *E′* 2,4 |
| إشارة الدخل إلى وظيفة التحويل البصري-الإلكتروني (OETF) | الضوء الخطي المشهدي.  الوظيفة OETF تنقل الضوء الخطي المشهدي النسبي إلى قيمة إشارة PQ لاخطية. |

الجدول 4 *(تتمة)*

|  |  |
| --- | --- |
| المعلمة | القيم |
| PQ OETF المرجعية  يفضي استخدام هذه الوظيفة OETF إلى الوظيفة OOTF المرجعية عندما تعرض على شاشة عرض مرجعية تستخدم EOTF المرجعية. | حيث:    *E′* هي الإشارة اللاخطية الناتجة (*R'*، *G'*، *B'*) في المدى [0:1]  *FD*، *E*، محددتان في وظيفة التحويل البصري-البصري  *m*1، *m*2، *c*1، *c*2، *c*3 محددة في وظيفة التحويل الإلكتروني-البصري |
| **الملاحظة 4a** – ينبغي أن تستخدم هذه اللاخطية (وعكسها) بالذات عندما يكون من الضروري التحويل بين التمثيل اللاخطي والتمثيل الخطي.  **الملاحظة 4b** – في هذه التوصية، عند الإشارة إلى نصوع مكونة لون واحدة (*RD*, *GD*, *BD*)، يعني ذلك نصوع إشارة عديمة اللون مكافئة يكون فيها لمكونات اللون الثلاث نفس القيمة. | |

الجدول 5

وظائف التحويل اللاخطي المرجعي لنظام لوغاريتم غاما الهجين (HLG)

| المعلمة | القيم |
| --- | --- |
| إشارة الدخل إلى HLG OETF | الضوء الخطي المشهدي.  الوظيفة OETF تنقل الضوء الخطي المشهدي النسبي إلى قيمة إشارة لاخطية. |
| الوظيفة المرجعية OETF  لنظام HLG 5a | حيث:  *E* هي الإشارة لكل مكونة لون {*RS*، *GS*، *BS*} نسبة إلى ضوء المشهد ومقياس تعرض الكاميرا، معايرة إلى المدى [0:12].5b  *E هي الإشارة الناتجة اللاخطية* {*R'*، *G'*، *B'*} في المدى [0:1].  *a* = 0,17883277، *b* = 0,28466892، *c* = 0,55991073 |
| إشارة الدخل إلى الوظيفة HLG EOTF | قيمة مشفرة HLG لاخطية.  الوظيفة EOTF تحول الإشارة HLG اللاخطية إلى ضوء شاشة العرض. |

الجدول 5 *(تابع)*

|  |  |
| --- | --- |
| المعلمة | القيم |
| الوظيفة المرجعية EOTF  لنظام HLG | وهكذا،    حيث:  *RS،* *GS،* *BS* هي إشارات الضوء الخطية المشهدية، *E*، لكل مكونة لون معايرة في المدى [0:12].5c    و:  *FD* هي نصوع المكونة الخطية المعروضة {*RD* أو *GD* أو *BD*}، بوحدة cd/m2.  *E′* هي الإشارة اللاخطية {*R'*، *G'*، *B'*} حسبما هي محددة من أجل الوظيفة OETF.  *RD*، *GD*، *BD* هي الضوء المعروض لكل مكونة لون5d، بوحدة cd/m2.  قيم المعلمات *a* و*b* و*c* حسبما هي محددة من أجل الوظيفة OETF.  الوظيفة OOTF معرفة أدناه.  γ  = 1,2 عند نصوع ذروة العرض الإسمي بمقدار 1000 cd/m2.5e، 5f  *LW* هي ذروة نصوع العرض الإسمية بوحدة cd/m2.  *LB* هي نصوع العرض للون الأسود بوحدة cd/m2.  مدى الإشارة الإسمي *E* و*RS* و*GS* و*BS* و*YS* هو [0:12].5g  العرض المرجعي لا يشمل قيم أكبر من *E'* = 1,0. وينبغي اختزال هذه القيم إلى 1,0 قبل العرض.5h |
| إشارة دخل HLG إلى  الوظيفة OOTF | الضوء الخطي المشهدي.  الوظيفة OOTF تحول الضوء الخطي المشهدي إلى الضوء الخطي على الشاشة. |

الجدول 5 *(تتمة)*

|  |  |
| --- | --- |
| المعلمة | القيم |
| الوظيفة المرجعية OOTF  لنظام HLG | حيث:  *FD* هي نصوع المكونة الخطية المعروضة {*RD* أو *GD* أو *BD*}، بوحدة cd/m2.  *E* هي الإشارة لكل مكونة لون{*Rs*، *Gs*، *Bs*} نسبياً إلى ضوء الخط المشهدي وقياس التعرض للكاميرا، معايرة للمدى [0:12].  *YS* هي نصوع المشهد الخطي المعاير.  α وβ وγ حسبما هي معرفة من أجل الوظيفة EOTF. |
| **الملاحظة 5a** – ينبغي استخدام عكس اللاخطية هذه عندما يكون من الضروري التحويل بين التمثيل اللاخطي والتمثيل الخطي لضوء المشهد.  **الملاحظة 5b** – إذا كانت *E* معايرة للمدى [0:1] عندئذ تكون المعادلة المكافئة للوظيفة OETF هي:    حيث:  *a* = 0,17883277, *b* = 0,02372241, *c* = 1,00429347  **الملاحظة 5c** - إذا كانت *E* معايرة للمدى [0:1] عندئذ تكون المعادلة المكافئة لقيمة *E* هي:    حيث *a* و*b* و*c* تكون حسبما هي محددة في الملاحظة 5b.  **الملاحظة 5d** – هذه الوظيفة EOTF تطبق غاما على مكونة النصوع في الإشارة، بينما قد تطبق بعض العروض التقليدية غاما بشكل منفصل عن مكونات اللون. وتقترب بعض العروض التقليدية من الوظيفة OOTF المرجعية هذه.  **الملاحظة 5e** - أما بالنسبة للشاشات ذات الإنارة الذروة الاسمية (*LW*) التي تزيد عن 1000 cd/m2، أو التي ينخفض فيها نصوع الذروة الاسمية الفعال باستعمال عنصر التحكم في التباين، فينبغي تعديل قيمة غاما للنظام وفقاً للصيغة الواردة أدناه، ويمكن تقريبها إلى ثلاثة أرقام ذات دلالة:    **الملاحظة 5f** – يمكن تخفيض قيمة غاما للنظام من أجل ظروف خلفية وحولية أنصع.  **الملاحظة 5g** – عندما تكون *E* معايرة إلى المدى [0:1] عندئذ تكون المعادلة من أجل α كما يلي:    **الملاحظة 5h** – يتوقع، أثناء الإنتاج، أن تتجاوز قيم الإشارة النطاق *E′* = [0,0 : 1,0]. وهذا يوفر فسحة للمعالجة ويتجنب انحطاط الإشارة أثناء المعالجة المتسلسلة. وينبغي ألا تقتطع قيم *E′* هذه، التي تقل عن 0,0 أو تتجاوز 1,0، أثناء الإنتاج والتبادل. وينبغي ألا تظهر القيم التي تتجاوز 1,0 على شاشات العرض المرجعية. وينبغي ألا تكون القيم الواردة أدناه 0,0 مقتطعة في شاشات العرض المرجعية (حتى لو كانت تمثل ضوءً "سلبياً") للسماح بتحديد المستوى الأسود للإشارة (*LB*) بشكل صحيح باستخدام إشارات الاختبار المعروفة باسم توليد ضبط الصورة “PLUGE”. (انظر التوصية ITU‑R BT.814). | |

ويصف الجدولان 6 و7 مختلف تمثيلات إشارة تباين النصوع واللون، المناسبة لأخذ العينات الفرعية للون، و/أو تشفير المصدر. ويستخدم نسق النصوع غير الثابت (NCL) على نطاق واسع ويعتبر النسق بالتغيب. وقد أدرج نسق الكثافة الثابتة (CI) مؤخراً في هذه التوصية وينبغي ألا يستخدم في تبادل البرامج ما لم تتفق جميع الأطراف على ذلك.

الجدول 6

نسق إشارة النصوع غير الثابت *Y'C'BC'R* 6a

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| المعلمة | قيم PQ | قيم HLG |
| اشتقاق من *R'*، *G'*، *B'* | {*R'*, *G'*, *B'*}=EOTF−1(*FD*)  حيث *FD* = {*RD*, *GD*, *BD*} | {*R'*, *G'*, *B'*}=OETF(*E*)  حيث *E* = {*RS*, *GS*, *BS*} |
| اشتقاق من *Y'* | *Y'* = 0,2627*R'* + 0,6780*G'* + 0,0593*B'* | |
| اشتقاق إشارات اختلاف اللون |  | |
| **الملاحظة 6a** – لغرض الاتساق مع الاستخدام السابق للمصطلحات، تستخدم الفتحة في الرموز *Y'* و *C'B* و *C'R* للإشارة إلى أنها مشتقة من *Y* و*B* و*R* اللاخطية. | | |

الجدول 7

نسق إشارة *ICTCP* ذات الكثافة الثابتة 7a،7b

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| المعلمة | قيم PQ | | قيم HLG |
| فضاء اللون *L*، *M*، *S* |  | | |
| اشتقاق من *L'*، *M'*، *S'***7c** | {*L'*, *M'*, *S'*}=EOTF−1(*FD*)  حيث *FD* = {*LD*, *MD*, *SD*} | {*L'*, *M'*, *S'*}=OETF(*E*)  حيث *E* = {*LS*, *MS*, *SS*} | |
| اشتقاق من *I* | *I* = 0,5*L'* + 0,5*M'* | | |
| اشتقاق إشارات اختلاف اللون |  | | |
| **الملاحظة 7a** - لا تَستخدم الرموز *I وCT* و*CP* المدخلة حديثاً الفتحة وذلك لتبسيط الترميز.  **الملاحظة 7b** – ينبغي حصر الألوان ضمن المثلث المحدد بالألوان الأساسية RGB في الجدول 2.  **الملاحظة 7c** – يشير الذيلان *D* و*S* إلى ضوء الشاشة وضوء المشهد، على التوالي. | | | |

الجدول 8

أخذ العينات الفرعية للألوان

| المعلمة | القيم | | |
| --- | --- | --- | --- |
| إشارة مشفرة | *R', G', B' or Y', C'B, C'R, , or I, CT, CP* | | |
| شبيكة أخذ العينات  – *R', G', B', Y', I* | متعامدة ومتكررة في الخط والصورة ومشتركة في الموقع | | |
| شبيكة أخذ العينات  – *C'B, C'R, CT, CP* | متعامدة ومتكررة في الخط والصورة ومشتركة في الموقع.  العينة الأولى (أعلى اليسار) مشتركة في الموقع مع العينة الأولى *Y'* أو *I*. | | |
| النظام 4:4:4 | النظام 4:2:2 | النظام 4:2:0 |
| لكل مكونة نفس عدد العينات الأفقية كما هو الحال بالنسبة للمكونة *Y'* أو *I* | يُقسم إلى عينات فرعية أفقياً بمعامل 2 فيما يتعلق بالمكونة *Y'* أو *I* | يُقسم إلى عينات فرعية أفقياً ورأسياً بمعامل 2 فيما يتعلق بالمكونة *Y'* أو *I* |

ويصف الجدول 9 تمثيلين مختلفين للإشارات هما "ضيق" و"كامل". وتمثيل المدى الضيق مستخدم على نطاق واسع وهو يعتبر التمثيل بالتغيب. وقد أدرج التمثيل الكامل في هذه التوصية حديثاً وينبغي ألا يستخدم في تبادل البرامج ما لم تتفق جميع الأطراف على ذلك.

الجدول 9

التمثيل الرقمي لأعداد صحيحة من 10 و12 بتة

| المعلمات | القيم | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| إشارة مشفرة | *R', G', B' or Y', C'B, C'R, , or I, CT, CP* | | | |
| نسق التشفير | *n* = 10، 12 لكل مكونة | | | |
| تكميم المشتقات *R', G', B', Y', I* | مدى ضيق | | مدى كامل | |
| *D* = *INT* [(219 × *E*′ + 16) × 2*n*−8] | | *D* = *INT* [*E*′ × 2*n*]**9a** | |
| تكميم المشتقات *C'B, C'R, CT, CP* | *D* = *INT* [(224 × *E*′ + 128) × 2*n*−8] | | *D* = *INT* [(*E*′ + 0,5) × 2*n*] | |
| سويات التكميم | تشفير بـ 10 بتات | تشفير بـ 12 بتة | تشفير بـ 10 بتات | تشفير بـ 12 بتة |
| أسود  (*R'* = *G'* = *B'* = *Y'* = *I* = 0)  *DR', DG', DB', DY', DI* | 64 | 256 | 0 | 0 |
| عديم اللون  (*C'B* = *C'R* = 0)  *DC'B, DC'R, DCT, DCP* | 512 | 2048 | 512 | 2048 |
| ذروة اسمية  (*R'* = *G'* = *B'* = *Y'* = *I* = 1)  *DR', DG', DB', DY', DI* | 940 | 3760 | 1023 | 4092 |
| ذروة اسمية  (*C'B* = *C'R* = ±0.5)  *DC'B, DC'R, DCT, DCP* | 960 | 3840 | 1023 | 4092 |
| بيانات فيديوية 9a، 9b، 9c | 4 إلى 1019 | 16 إلى 4079 | 0 إلى 1023 | 0 إلى 4092 |
| **الملاحظة 9a** – لا يمكن تمثيل القيم بـ 10 بتات عندما تكون *E* < 1023/1024. ورغبة في الاتساق، تم اختزال القيم بـ 12 بتة إلى قيمة 4092/4096.  **الملاحظة 9b** – يمكن أن تمتد الإشارات أسفل اللون الأسود (دون الأسود) وأن تتجاوز قيم الذروة الإسمية (فوق الأبيض)، ولكن ليس لها أن تتجاوز مدى البيانات الفيديوية.  **الملاحظة 9c** – تستخدم قيم المدى الضيق خارج مدى البيانات الفيديوية من أجل إشارات التوقيت في بعض الواجهات، ومن ثم ينبغي عدم استخدامها. ويمكن اختزال إشارات المدى الكامل إلى مدى البيانات الفيديوية الضيق عندما تُنقل فوق هذه الواجهات. | | | | |

يقدم الجدول 10 تمثيل إشارة النقطة العائمة من 16 بتة. لا يوجد حالياً واجهات في الوقت الفعلي لهذا النسق. ومن المتوقع أن يبدأ استخدام هذا النسق في سير العمل القائم على الملفات وتبادل البرامج.

الجدول 10

تمثيل إشارة النقطة العائمة (FP)

| المعلمة | القيم |
| --- | --- |
| تمثيل الإشارة | الخطية.*R*، *G*، *B* |
| تشفير الإشارة | نقطة عائمة من 16 بتة لكل معيار IEEE 754-2008. |
| معايرة من أجل PQ | قيمة 1,0 لكل من *R*، *G*، *B* تعطي cd/m2 1,0 في الشاشة المرجعية. |
| معايرة من أجل HLG | قيمة 1,0 تمثل أبيض الذروة الإسمية للإشارة. |

الملحق 1  
(إعلامي)  
  
العلاقة بين الوظائف OETF وEOTF وOOTF

تستخدم هذه التوصية بإسهاب المصطلحات التالية:

**OETF:** وظيفة التحويل البصري-الإلكتروني، تحول ضوء المشهد الخطي إلى إشارة فيديوية، داخل الكاميرا عادة.

**EOTF:** وظيفة التحويل الإلكتروني- البصري، تحول الإشارة الفيديوية إلى خرج الضوء الخطي في الشاشة.

**OOTF:** وظيفة التحويل البصري-البصري، لها دور تطبيق "التمثيل المتوخى".

وهذه الوظائف مترابطة، ولذلك فإن اثنتين فقط من ثلاثة مستقلتان. ولدى معرفة أي اثنتين منها يمكن حساب الوظيفة الثالثة. ويشرح هذا القسم كيف تظهر هذه الوظائف في أنظمة التلفزيون وكيفية ارتباطها.

وفي أنظمة التلفزيون، لا يرتبط الضوء المعروض خطياً بالضوء الذي تلتقطه الكاميرا. وتطبق بدلاً من ذلك الوظيفة اللاخطية الإجمالية، OOTF. وهذه الوظيفة OOTF "المرجعية" تعوض عن التفاوت في إدراك درجة اللون بين بيئة الكاميرا وبيئة الشاشة. وتمكن مواصفة واستخدام الوظيفة "OOTF المرجعية" الاستنساخ المتسق للصورة من طرف إلى طرف، وهو عنصر هام في الإنتاج التلفزيوني.



**ضوء الشاشة المرجعي**

**OOTF المرجعية**

**ضوء المشهد**

OOTF المرجعية

ويمكن إجراء تعديل فني لتعزيز الصورة. ومن شأن ذلك أن يغير الوظيفة OOTF، التي يمكن عندئذ أن تسمى "OOTF الفنية". ويمكن تطبيق التعديل الفني إما قبل OOTF المرجعية أو بعدها.



**التعديلات الفنية**

**ضوء الشاشة المرجعي**

**OOTF المرجعية**

**ضوء المشهد**

**ضوء المشهد**

**التعديلات الفنية**

**ضوء الشاشة المرجعي**

**OTF المرجعية**

**OOTF الفنية**

**أو**

وعموماً فإن الوظيفة OOTF هي تسلسل لوظيفة OETF، التعديلات الفنية، ووظيفة EOTF.



**التعديلات  
الفنية**

**EOTF**

**ضوء الشاشة**

**OETF**

**ضوء المشهد**

**OOTF الفنية**

وقد صمم نظام PQ بموجب النموذج المبين أدناه، حيث يعتبر أن الوظيفة OOTF داخل الكاميرا (أو مفروضة في عملية الإنتاج).



**إشارة**

**ضوء الشاشة**

**معكوس EOTF**

**ضوء المشهد**

**تشفير**

**فك تشفير**

**شاشة**

**كاميرا**

وقد صمم نظام HLG بموجب النموذج المبين أدناه، حيث يعتبر أن الوظيفة OOTF في الشاشة.

**ضوء الشاشة**

**معكوس OETF**

**ضوء المشهد**

**شاشة**

**فك التشفير**

**تشفير**

**كاميرا**

**إشارة**

وظيفتان فقط من الوظائف الثلاث اللاخطية، OETF وEOTF وOOTF، مستقلتان. وفي الترميز الوظيفي (حيث تشير الرموز الذيلية إلى مكونة اللون) تكون:



وهذا أوضح إذا كان التسلسل ممثلاً بالرمز ⊗. وبموجب هذا الترميز، تكون العلاقات الثلاث التالية بين هذه الوظائف اللاخطية الثلاث:



ويعرّف نهج التكميم PQ بواسطة وظيفته EOTF. وبالنسبة إلى PQ، يمكن اشتقاق OETF من OOTF باستخدام السطر الثالث من المعادلات الواردة أعلاه. وعلى نحو تكميلي، يعرّف نهج اللوغاريتم HLG بواسطة وظيفته OETF. وبالنسبة إلى HLG، يمكن اشتقاق EOTF من OOTF باستخدام السطر الثاني من المعادلات الواردة أعلاه.

الملحق 2  
(إعلامي)  
  
التحويل بين إشارات لوغاريتم غاما الهجين (HLG) والتكميم الإدراكي (PQ)

يوضح الرسم البياني التالي التحويل من إشارة التكميم PQ إلى إشارة اللوغاريتم HLG. وتشتمل معالجة الإشارة على فك تشفير الإشارة PQ بواسطة الوظيفة PQ EOTF لتوليد إشارة تمثل ضوء الشاشة الخطي. ثم يتم تشفير هذه الإشارة بواسطة HLG عكس EOTF لإنتاج إشارة HLG مكافئة. وعندما يتم فك تشفير إشارة HLG هذه لاحقاً بواسطة HLG EOTF في الشاشة، تكون النتيجة هي نفس ضوء الشاشة الذي كان سينتج لو كان فك تشفير إشارة PQ الأصلية بواسطة PQ EOTF. وHLG عكس EOTF هي HLG عكس OOTF متبوعة بوظيفة HLG OETF. وبالنسبة إلى HLG عكس OOTF، ينبغي أن تكون سوية الأسود صفراً، وتتحدد معلمة غاما بمستوى ذروة الإشارة PQ.



إشارة HLG

ضوء الشاشة

إشارة PQ

PQ  
EOTF

HLG  
EOTF-1

ويوضح الرسم البياني التالي التحويل من إشارة HLG إلى إشارة PQ. وتشتمل معالجة الإشارة على فك تشفير الإشارة HLG بواسطة الوظيفة HLG EOTF لتوليد إشارة تمثل ضوء الشاشة الخطي. ثم يتم تشفير هذه الإشارة بواسطة PQ عكس EOTF لإنتاج إشارة PQ مكافئة. وعندما يتم فك تشفير إشارة PQ هذه لاحقاً بواسطة PQ EOTF في الشاشة، تكون النتيجة هي نفس ضوء الشاشة الذي كان سينتج لو كان فك تشفير إشارة HLG الأصلية بواسطة HLG EOTF. وبالنسبة إلى HLG EOTF، ينبغي أن تكون سوية الأسود صفراً، ويمكن تحديد معلمة غاما بالقيمة المحددة في الجدول 5 (بافتراض ذروة النصوع بمقدار 1 000 cd/m2).



إشارة PQ

ضوء الشاشة

إشارة HLG

HLG  
EOTF

PQ  
EOTF-1

الملحق 3  
(إعلامي)  
  
تمثيل معلمات وظيفتي التحويل الإلكتروني-البصري والبصري-الإلكتروني

الغرض من هذا الملحق، فيما يتعلق بمجموعات المعلمات المناسبة، هو تسهيل تنفيذ وظائف التحويل البصري-الإلكتروني المرجعية (OETF) وكذلك وظائف التحويل الإلكتروني-البصري المرجعية (EOTF) لهذه التوصية.

ويمكن تمثيل الوظيفة EOTF بالمعادلة (1):

 (1)

حيث:

*V*:قيمة لون لاخطية

*L*:قيمة اللون الخطية المقابلة.

ويمكن تحديد مجموعة المعلمات {*s*, *t*, *c*, *n*, *m*} وفقاً للتطبيق المرغوب.

ويمكن تمثيل الوظيفة OETF بالمعادلة (2):

 (2)

وجدير بالملاحظة أنه إذا أعطيت المعلمات *s* و*t* و*c* و*n* و*m* قيماً متماثلة في المعادلتين (1) و(2)، عندئذ يكون كل من *L*(*V*) و*V*(*L*) المعكوس الرياضي للآخر.

ومن المفيد، في بعض التطبيقات، معايرة *V* في المعادلتين (1) و(2) وفقاً للمعادلة (3):

 (3)

حيث:

*V*:قيمة لون لاخطية

:قيمة لون لاخطية معايرة تحل محل *V* في المعادلتين (1) و(2).

ويمكن تحديد المعلمتين *k* و*p* وفقاً للتطبيق المرغوب.

ومن المفيد، في بعض التطبيقات، معايرة*L*  في المعادلتين (1) و(2) وفقاً للمعادلة (4):

 (4)

حيث:

*L*:قيمة لون خطية

:قيمة لون خطية معايرة تحل محل *L* في المعادلتين (1) و(2).

ويمكن تحديد المعلمتين *a* و*b* وفقاً للتطبيق المرغوب.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. أعربت إدارتا فرنسا وهولندا عن بعض الشواغل بشأن خصائص وأداء التلفزيون HDR-TV. ويستدعي الأمر إجراء المزيد من الدراسات التي قد تفضي إلى تنقيح هذه التوصية، حسب الاقتضاء، بموجب أحكام القرار ITU-R 1-7. [↑](#footnote-ref-1)