الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R BT.2021-1
(2015/02)

طرائق التقييم الذاتية لأنظمة التلفزيون ثلاثي الأبعاد ومجسم الصورة

السلسلة BT
الخدمة الإذاعية (التلفزيونية)

تمهيد

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 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	العنوان
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، 2016

© ITU 2016
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).

التوصية ITU-R BT.2021-1

طرائق التقييم الذاتية لأنظمة التلفزيون ثلاثي الأبعاد ومجسم الصورة

(2015-2012)

مجال التطبيق

تقدم هذه التوصية منهجيات لتقييم أنظمة التلفزيون ثلاثي الأبعاد مجسم الصورة، بما في ذلك طرائق الاختبار العامة ومقاييس التقدير وظروف المشاهدة.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن كمية كبيرة من المعلومات قد جمعت بشأن الطرائق المستعملة في مختلف المختبرات لتقييم خصائص الأداء الحرجة لأنظمة التلفزيون ثلاثي الأبعاد؛

ب) أن تفحص هذه الطرائق يظهر أن ثمة درجة كبيرة من التوافق بين مختلف المختبرات بشأن عدد من جوانب الاختبارات؛

ج) أن تبنّي طرائق مقيسة يعتبر مهماً في تبادل المعلومات بين مختلف المختبرات؛

د) أن استحداث خدمات التلفزيون ثلاثي الأبعاد قد يتطلب تطوير أنساق جديدة للصور وتقنيات جديدة لمعالجة الصور وإرسالها، مما يقتضي إخضاع أدائها للتقييم من خلال منهجيات ذاتية،

توصي

1 أن تستعمل طرائق الاختبار العامة ومقاييس التقدير وظروف المشاهدة لتقييم نوعية صورة التلفزيون ثلاثي الأبعاد التي يصفها الملحق 1 التالي في تجارب المختبرات وفي التقييمات التشغيلية كلما أمكن ذلك.

الملحق 1

1 أبعاد التقييم (الإدراكية)

يوظف التلفزيون ثلاثي الأبعاد مجسم الصورة خصائص نظام الإبصار البشري المزدوج عن طريق محاكاة الظروف التي تهيئ إدراك العمق النسبي للكائنات في المشهد المرئي. والمتطلب الرئيسي لتكوين الصور المجسمة هو التقاط ما لا يقل عن مشهدين لنفس المنظر من كاميرتين متحاذيتين أفقياً. ويكون لصور الكائنات الظاهرة في المنظر مواضع نسبية مختلفة في كلٍ من المشهدين الأيمن والأيسر. وهذا الاختلاف في المواضع النسبية في المشهدين هو ما يسمى تقليدياً تفاوت الصور (أو التخاطل)، ويعبر عنه عادةً بالبيكسل أو بمسافات مادية (بالملليمتر مثلاً) أو بمقاييس نسبية (نسبة مئوية من عرض الشاشة مثلاً). وينبغي التفريق بين تفاوت الصور والتفاوت الزاوي (الشبكي)، بل إن من شأن نفس معلومات تفاوت الصور أن تنتج تفاوتات زاوية (شبكية) مختلفة مع اختلاف مسافة الرؤية. ويستند إدراك العمق كماً واتجاهاً إلى كميات التفاوتات الشبكية التي تستدعيها الصورة المجسمة واتجاهاتها.

ومن الممكن تطبيق عوامل التقييم التي تطبق بشكل عام على صور التلفزيون المستوية، مثل الاستبانة وتمثيل الألوان وتمثيل الحركة والنوعية الكلية والحدة وما إلى ذلك، على أنظمة التلفزيون المجسم كذلك. ويضاف إلى ذلك عوامل كثيرة خاصة بأنظمة التلفزيون المجسم الصورة تعييناً. وقد تتضمن هذه عوامل مثل استبانة العمق، وهي الاستبانة المكانية في اتجاه العمق، وحركة العمق، أي إذا كانت إعادة تكوين الحركة على اتجاه العمق تتسم بالسلاسة، والتشوهات المكانية. ومن الأمثلة المشهورة لهذا العامل الأخير ما يسمى *تأثير مسرح العرائس*، وهو ما يحدث عند إدراك أحجام الكائنات على أنها كبيرة أو صغيرة بشكل غير طبيعي، و*تأثير الورق المقوى*، أي ما يحدث عند إدراك الأشياء بشكل مجسم لكنها تظهر رفيعة بشكل غير طبيعي.

ويمكننا تحديد ثلاثة أبعاد إدراكية أساسية تؤثر معاً على نوعية التجربة التي يوفرها نظام مجسم الصورة: *نوعية الصورة* و*نوعية العمق* و*الارتياح البصري*. وقد طرح بعض الباحثين إمكانية قياس الوقع النفساني لتكنولوجيات التصوير المجسم من منطلق مفاهيم أوسع مثل *الطبيعية* و*الشعور بالتواجد*.

الأبعاد الإدراكية الأولية

نوعية الصورة تشير إلى النوعية المدركة للصورة التي يعرضها النظام. وهذا من المحددات الرئيسية لأداء أي نظام فيديو. وتتأثر نوعية الصورة أساساً بمعلمات تقنية وأخطاء تسببها، على سبيل المثال، عمليات التشفير و/أو الإرسال.

نوعية العمق تشير إلى قدرة النظام على تحقيق إحساس محسَّن بالعمق. ويحقق وجود بعد إيعازات الإبصار الأحادي، مثل المنظور الخطي والضبابية والتدرجات وما إلى ذلك، شيئاً من الإحساس بالعمق حتى في الصور التقليدية ثنائية الأبعاد. ومع ذلك فإن الصور ثلاثية الأبعاد المجسمة تحتوي أيضاً على معلومات تفاوت توفر معلومات عمق إضافية، وبالتالي إحساساً محسناً بالعمق مقارنةً بالصور ثنائية الأبعاد.

(عدم) الارتياح البصري يشير إلى ما قد يقترن بمشاهدة الصور المجسمة من إحساس ذاتي بالارتياح أو عدمه. ومن شأن الصور المجسمة الملتقطة بشكل غير سليم أو المعروضة بشكل غير سليم أن تكون سبباً في عدم ارتياح بالغ.

أبعاد إدراكية إضافية

الطبيعية تشير إلى إدراك الصورة المجسمة وكأنها تمثيل صادق للواقع (أي الواقعية الإدراكية). وقد يدخل على الصورة المجسمة أنواع مختلفة من التشوهات تقلل من طبيعيتها. فعلى سبيل المثال، تبدو الكائنات المجسمة للرائي أحياناً وكأنها كبيرة أو صغيرة بشكل غير طبيعي (تأثير مسرح العرائس)، أو تبدو أحياناً رفيعة بشكل غير طبيعي (تأثير الورق المقوى).

الشعور بالتواجد يشير إلى الإحساس الذاتي بالتواجد في مكان أو بيئة ما خلاف الواقع.

وتقدم هذه التوصية معلومات تتعلق بطرائق وإجراءات لتقييم الأبعاد الأولية الثلاثة المذكورة أعلاه: نوعية الصورة ونوعية العمق والارتياح البصري. ولا تتضمن هذه التوصية طرائق لتقييم الطبيعية والشعور بالتواجد، لكن من المخطط إدراجهما في مرحلة لاحقة.

2 الطرائق الذاتية

تستعرض التوصية ITU-R BT.500 العديد من المنهجيات لتقييم نوعية الصورة. وفي جميع الطرائق، تُعرض على هيئة من المشاهدين مجموعة من تتابعات فيديو عولجت بالأنظمة محل الفحص (على سبيل المثال، خوارزمية بمعلمات مختلفة أو تكنولوجيا للتشفير بمعدلات بتات مختلفة أو سيناريوهات إرسال مختلفة وما إلى ذلك) في سلسلة من التجارب التحكيمية. وفي كل تجربة، يطلب من المشاهدين تقييم خاصية ذات صلة (مثل نوعية الصورة) لتتابع (تتابعات) الفيديو باستخدام مقياس محدد مسبقاً. وتنحصر أغلب التنوعات بين الطرائق المختلفة في أسلوب العرض، أي في كيفية عرض تتابعات الفيديو على المشاهدين، وفي المقياس الذي يستخدمه المشاهدون لتصنيف تلك التتابعات.

والصور المستخدمة في الاختبارات صور مجسمة بالازدواج البصري مختارة على أساس العناصر المذكورة في القسم 4. ويقيِّم المقيِّمون العناصر الثلاثة التالية:

- نوعية الصورة: التأثير الواقع على استبانة صور ثلاثية الأبعاد مجسمة من نظام بمسير بين صور الاختبار والشاشة المستخدمة لعرض الصور المطلوب تقييمها؛
- نوعية العمق: التأثير الواقع على إدراك العمق بالنسبة إلى صور ثلاثية الأبعاد مجسمة من نظام بمسير بين صور الاختبار والشاشة المستخدمة لعرض الصور المطلوب تقييمها؛
- الارتياح البصري: التأثير الواقع على سهولة المشاهدة بالنسبة إلى صور ثلاثية الأبعاد مجسمة من نظام بمسير بين صور الاختبار والشاشة المستخدمة لعرض الصور المطلوب تقييمها.

وتتضمن هذه التوصية ست طرائق من التوصية ITU-R BT.500، حيث استخدمت هذه الطرائق بنجاح على مدى العقدين الماضيين لمعالجة قضايا بحثية ذات صلة كانت متعلقة بنوعية الصورة ونوعية العمق والارتياح البصري لتكنولوجيات التصوير المجسم. وهذه الطرائق هي:

- طريقة التحفيز المفرد (SS)؛
- طريقة مقياس الانحطاط بالتحفيز الثنائي (DSIS)؛
- طريقة مقياس النوعية المتواصل بالتحفيز الثنائي (DSCQS)؛
- طريقة مقارنة التحفيز (SC)؛
- طريقة تقييم النوعية المتواصل بالتحفيز المفرد (SSCQE).
- طريقة التحفيز الثنائي المتآون من أجل التقييم المتواصل (SDSCE).

وقد استخدمت الطرائق بشكل معدل تعديلاً طفيفاً عند الاقتضاء، كأن تستخدم مقاييس مختلفة للارتياح البصري على سبيل المثال. وتضم الجداول 1 و2 و3 تلخيصاً لأسلوب العرض والمقاييس المقترنة بطريقة تقييم نوعية الصورة ونوعية العمق والارتياح البصري على الترتيب.

ويرد فيما يلي من هذا القسم وصف موجز لكل منهجية، بينما تعرض الأقسام التالية العناصر المنهجية المشتركة بين جميع الطرائق.

1.2 طريقة التحفيز المفرد (SS)

يتكون الإجراء من سلسلة من التجارب التحكيمية، وهذه قد تقسم عند الاقتضاء إلى عدة جلسات اختبار تفصل بينها استراحات. ولا يعرض في كل تجربة إلا تتابع فيديو "*اختباري*" واحد، وهو تتابع عولج بنظام خاضع للفحص، ويصنف بشكل مستقل على المقياس المحدد مسبقاً.

1.1.2 تركيبة تجربة طريقة التحفيز المفرد

في كل تجربة، يسبق عرض تتابع الفيديو "*الاختباري*" المطلوب تقييمه عرض مجال رمادي متوسط ويُتبع العرض بمثل ذلك. وقد يحتوي المجال الرمادي المتوسط السابق على هدف تثبيت – كأن يكون رقم التجربة مثلاً – بدون تفاوت، على ألا يدوم أكثر من ثلاث ثوان. ويحتوي المجال الرمادي المتوسط اللاحق على تذكير بتسجيل تصنيف، كأن تظهر عبارة "حان وقت التصويت"، وينبغي أن يبقى وقتاً يكفي لانتهاء المشاهد من تسجيل تصنيف (10 ثوان أو أقل على سبيل المثال). وينبغي بشكل عام أن تكون مدة تتابع الفيديو "*الاختباري*" حوالي 10 ثوان[1]. وتظهر في الشكل 1 تركيبة تجربة تقليدية بطريقة التحفيز المفرد.

[1] دعا بعض الباحثين إلى استخدام تتابعات أطول، واستندوا في ذلك أكثر ما استندوا إلى افتراض أن استيعاب المحتوى المجسم يستغرق وقتاً أطول من استيعاب المحتوى العادي المستوي (ثنائي الأبعاد). إلا أنه لا توجد حتى الآن أدلة تجريبية تؤيد هذه الدعوى أو تدحضها إلا قليلاً.

2.1.2 مقاييس تقدير طريقة التحفيز المفرد

بالنسبة إلى تقييم نوعية الصورة، يمكن استخدام مقياسين موسومين: المقياس خماسي التصنيفات المتدرج ومقياس النوعية المتواصل المتعارف على استخدامه في الاتحاد الدولي للاتصالات (انظر الجدول 1). ووسوم النوعية هي "ممتازة" و"جيدة" و"مقبولة" و"متدنية" و"سيئة".

ويمكن استخدام نفس المقاييس لتقييم نوعية العمق (انظر الجدول 2). وفي هذه الحالة، يطلب من المشاهدين تقييم نوعية تمثيل العمق لا نوعية الصورة نفسها.

وبالنسبة إلى تقييم الارتياح البصري، يمكن استخدام مقياسين موسومين: المقياس خماسي التصنيفات المتدرج ومقياس متواصل للارتياح (انظر الجدول 3). ووسوم الارتياح هي "مريحة جداً" و"مريحة" و"غير مريحة قليلاً" و"غير مريحة" و"غير مريحة للغاية".

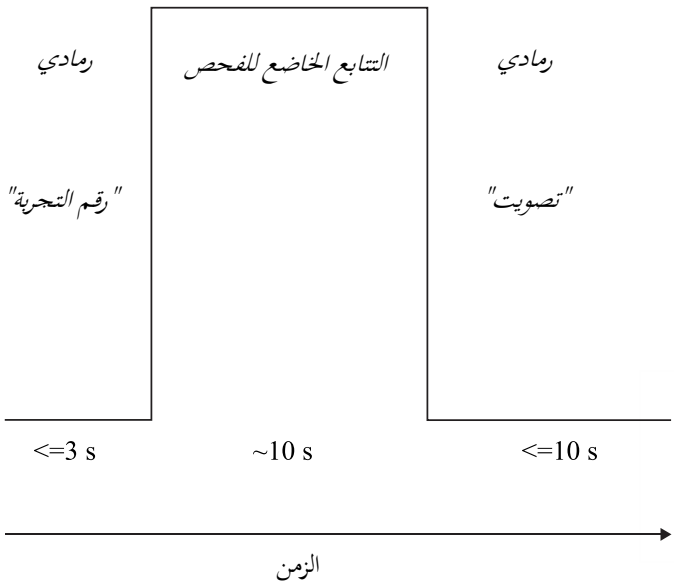
3.1.2 بطاقة درجات الآراء لطريقة التحفيز المفرد

يسمى التصنيف المسجل لكل تتابع خاضع للفحص "*درجة رأي*". ويسمى متوسط هذه الدرجات، والذي يحسب عادةً لكل نظام يخضع للفحص، متوسط درجات الآراء (MOS).

ويمكن تضمين تتابعات فيديو "*مرجعية*"، وهي نسخ من تتابعات الاختبار لم تخضع لأي معالجة (انظر القسم 8)، في مجموعة التتابعات. ويتيح تضمين "*المرجع*" حساب "*فرق درجة الرأي*"، وهو الفرق الحسابي بين التصنيفات المسجلة لنسخة "*الاختبار*" والنسخة "*المرجعية*" من كل تتابع في الدراسة. ويسمى متوسط فروق درجات الرأي، والذي يحسب لكل نظام يخضع للفحص، فرق متوسط درجات الآراء (DMOS).

الشكل 1

طريقة التحفيز المفرد – تركيبة التجربة



BT.2021-01

2.2 طريقة سلم الانحطاط ثنائي الحافز (DSIS) ("الطريقة EBU")

والطريقة ثنائية الحافز (EBU) دورية، أي أن القائم بالتقييم يرى في البداية مرجعاً لم يتعرض للانحطاط، ثم تقدم الصورة نفسها منحطة. ويطلب منه، بعد ذلك، أن يقدر الصورة الثانية، مع إبقاء الأولى في ذهنه. وتقدم للمشاهد في أثناء كل دورة التي لا تتجاوز نصف الساعة، سلسلة من الصور أو التتابعات وفقاً لترتيب عشوائي ومع انحطاطات عشوائية تشمل كل التركيبات المطلوبة. وتدرج

الصورة التي لم تتعرض للانحطاط داخل الصور أو التتابعات المطلوب تقييمها. ويحسب، في نهاية سلسلة الدورات، متوسط الدرجات لكل حالة اختبار وكل صورة في الاختبار.

تستخدم طريقة سلم الانحطاط الذي يعطي عادة نتائج أكثر استقراراً للانحطاطات الضعيفة من نتائج الانحطاطات الكبيرة. ومع أن الطريقة قد استعملت أحياناً مع مديات محدودة من الانحطاط، إلا أنه من الأنسب استعمالها مع مدى كامل من الانحطاط. يكون الترتيب العام لنظام الاختبار على النحو المبين في الشكل 2.

1.2.2 تقديم مواد الاختبار

تحتوي دورة الاختبار على عدة تقديمات. وثمة صيغتان مختلفتان لبنية التقديمات I وII تعرض فيما يلي:

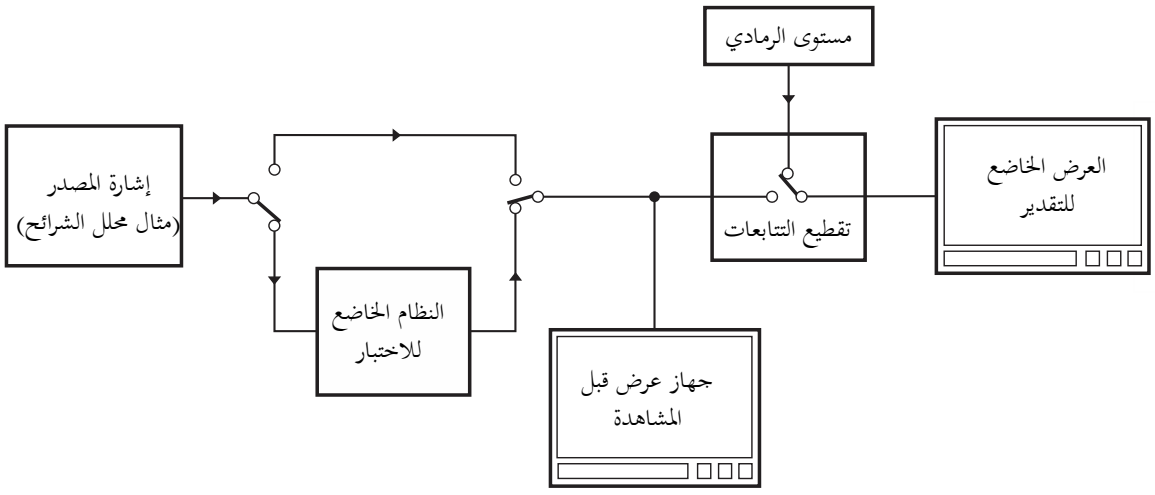
الصيغة I: تقدم الصورة المرجعية أو التتابع المرجعي مرة واحدة فقط كما هو مبين في الشكل 3أ).

الصيغة II: تقدم الصورة المرجعية أو التتابع المرجعي مرتين كما هو مبين في الشكل 3ب).

يمكن تطبيق الصيغة II التي تستهلك وقتاً أطول من الصيغة I، إذا توجب التمييز بين انحطاطات صغيرة جداً، أو إذا خضعت تتابعات متحركة للاختبار.

الشكل 2

الترتيب العام لنظام الاختبار في طريقة سلم الانحطاط ثنائية الحافز



BT.2021-02

2.2.2 سلالم التقدير

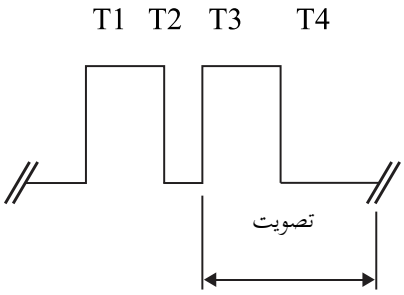
يستعمل سلم الانحطاط خماسي الدرجات. يجب أن يستعمل المشاهدون استمارة تمثل السلم تمثيلاً واضحاً جداً، مع مربعات مرقمة أو أية وسيلة أخرى لتسجيل العلامات.

3.2.2 بيانات درجات الرأي في الطريقة DSIS

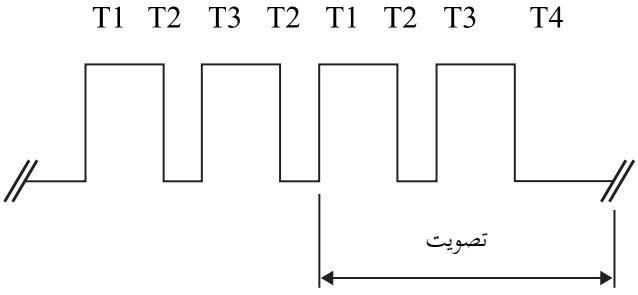
والطريقة ثنائية الحافز (EBU) دورية، أي أن المشاهد يرى في البداية مرجعاً لم يتعرض للانحطاط، ثم تقدم الصورة نفسها منحطة. ويطلب منه، بعد ذلك، أن يقدر الصورة الثانية، مع إبقاء الأولى في ذهنه. وتقدم للمشاهد في أثناء كل دورة التي لا تتجاوز نصف الساعة، سلسلة من الصور أو التتابعات وفقاً لترتيب عشوائي ومع انحطاطات عشوائية تشمل كل التركيبات المطلوبة. وتدرج الصورة التي لم تتعرض للانحطاط داخل الصور أو التتابعات المطلوب تقييمها. ويحسب، في نهاية سلسلة الدورات، متوسط الدرجات لكل حالة اختبار وكل صورة في الاختبار.

الشكل 3

بنية تقديم مواد الاختبار



أ) الصيغة I



ب) الصيغة II

مراحل العرض:

T1 = 10 ثوان الصورة المرجعية

T2 = 3 ثوان رمادي متوسط صادر عن مستوى فيديوي يقارب 200 mV

T3 = 10 ثوان شروط الاختبار

T4 = 11-5 ثانية رمادي متوسط

أظهرت التجربة أن تمديد الفترتين T1 وT3 إلى أكثر من 10 ثوان لا يحسِّن من قدرة المشاهدين على تقدير الصور أو التتابعات.

BT.2021-03

3.2 طريقة مقياس النوعية المتواصل بالتحفيز الثنائي (DSCQS)

يتكون الإجراء من سلسلة من التجارب التحكيمية، وهذه قد تقسم عند الاقتضاء إلى عدة جلسات اختبار تفصل بينها استراحات. وفي كل تجربة، تعرض نسختان من نفس تتابع الفيديو مرتين، بمجموع أربعة عروض. وينبغي أن يكون الترتيب المعمم لنظام الاختبار كما هو موضح في الشكل 4.

1.3.2 عرض مواد الاختبار

تتألف كل جلسة اختبار من عدة عروض. بالنسبة للتنوع الأول الذي يضم مشاهداً واحداً، تترك للمقيِّم في كل عرض حرية التحول بين الإشارتين A وB حتى يتحقق له قياس ذهني للنوعية المقترنة بكل إشارة. وينفذ المقيِّم ذلك في العادة مرتين أو ثلاث لفترات تصل إلى 10 ثوان. أما في التنوع الثاني الذي يضم عدداً من المشاهدين معاً، فإن الحالتين تُعرضان قبل تدوين النتائج مرة أو أكثر لفترات زمنية متساوية للسماح بتكوين القياس الذهني للنوعيتين المقترنتين بهما لدى المقيِّم، ثم يعاد عرض الزوج مرة أو أكثر أثناء تدوين النتائج. ويعتمد عدد مرات التكرار على طول تتابعات الاختبار. فبالنسبة إلى الصور الثابتة، قد يكون من الملائم عرض

تتابع من 3-4 ثانية وتكراره خمس مرات (مع التصويت خلال المرتين الأخيرتين). وأما عن الصور المتحركة ذات التدخلات المتنوعة مع الزمن، فربما يكون من الملائم استخدام تتابع مدته 10 ثوان وتكراره مرتين (مع التصويت في الثانية). وتظهر في الشكل 5 تركيبة العروض.

2.3.2 مقاييس تقدير طريقة مقياس النوعية المتواصل بالتحفيز الثنائي

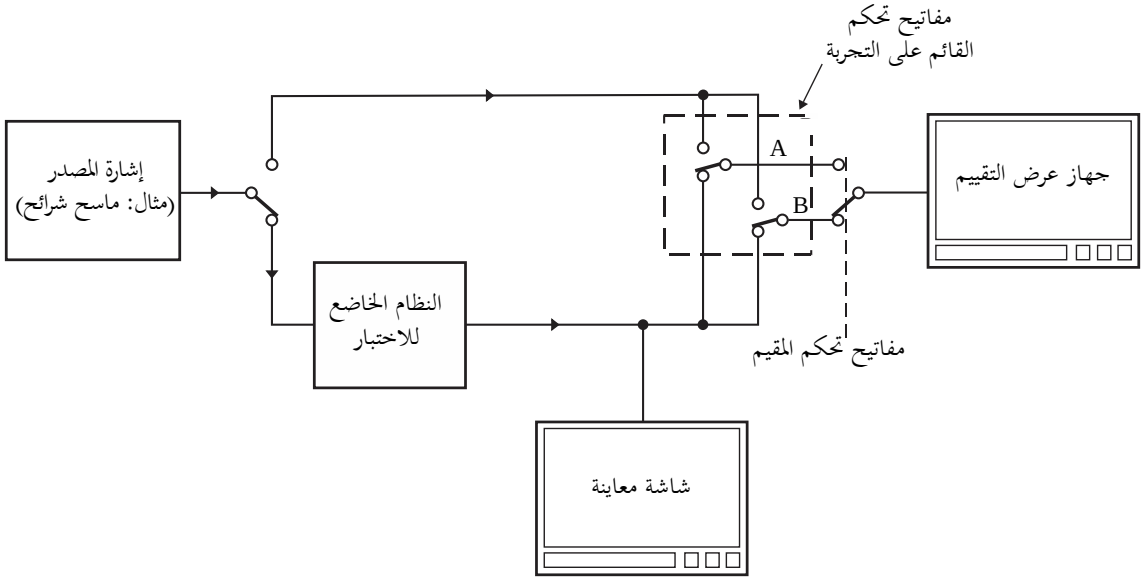
يطلب من المشاهدين في طريقة مقياس النوعية المتواصل بالتحفيز الثنائي تصنيف كلا تتابعي الفيديو A وB. ويمكن بالنسبة إلى تقييم نوعية الصورة وتقييم نوعية العمق استخدام مقياس النوعية المتواصل المتعارف على استخدامه في الاتحاد الدولي للاتصالات (انظر الجدولين 1 و2). أما عن تقييم الارتياح البصري، فينبغي استخدام مقياس الارتياح المتواصل بالوسوم "مريحة جداً" و"مريحة" و"غير مريحة قليلاً" و"غير مريحة" و"غير مريحة للغاية" (انظر الجدول 3).

3.3.2 بطاقة درجات الآراء لطريقة مقياس النوعية المتواصل بالتحفيز الثنائي (DSCQS)

تستخدم تصنيفات نسختي *"الاختبار"* و*"المرجع"* من كل تتابع الناتجة عن كل تجربة لحساب فروق درجات الرأي، ثم تستخدم هذه الأخيرة لحساب فرق متوسط درجات الآراء لكل نظام خاضع للفحص.

الشكل 4

الترتيب العام لنظام الاختبار لطريقة مقياس النوعية المتواصل بالتحفيز الثنائي



BT.2021-04

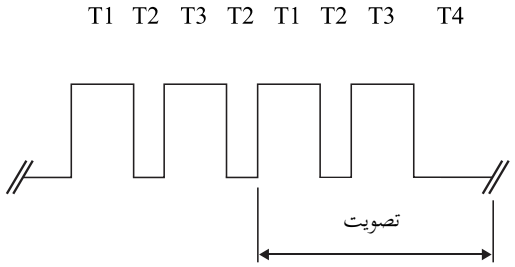
ويوجد لهذه الطريقة تنوعان، الأول والثاني، على النحو المعروض أدناه.

التنوع الأول: يسمح للمقيِّم، الذي يكون منفرداً في العادة، بالتحول بين الحالتين A وB حتى يطمئن إلى تكوين رأيه بشأن كل منهما. ويغذى الخطان A وB بالصورة المباشرة المرجعية أو الصورة الممررة عبر النظام الخاضع للاختبار، مع تنويع التغذية بين الخطين عشوائياً بين إحدى حالتي الاختبار والأخرى بعلم القائم على إدارة التجربة وحده دون غيره.

التنوع الثاني: تعرض على المقيِّمين الصور من الخطين A وB بشكل متتابع لتكوين رأيهم في كلٍ منهما. ويغذى الخطان A وB لكل عرض على النحو المذكور تحت التنوع الأول أعلاه. ومازال استقرار نتائج هذا التنوع بمدى محدود من النوعية قيد الفحص.

الشكل 5

طريقة مقياس النوعية المتواصل بالتحفيز الثنائي – تركيبة التجربة



BT.2021-05

4.2 طريقة مقارنة الأزواج

في طريقة مقارنة الأزواج، تعقد مقارنات بين أزواج تتابعات من مجموعة *"اختبارية"*، وهي تتابعات خضعت للمعالجة في أنظمة مختلفة (على سبيل المثال، معدلات بتات مختلفة وخوارزميات مختلفة وما إلى ذلك). ويطلب من المشاهدين الحكم على العنصر المفضل لديهم من كل زوج في سياق سيناريو الاختبار. ويعتمد عدد الأحكام المطلوبة على عدد الأنظمة الخاضعة للفحص. وترتَب الأنظمة المختبرة (س، ص، ع، وهكذا) في العادة بكل الترتيبات المحتملة التي تساوي عدد الأنظمة مضروباً في نفس العدد ناقص 1 n(n−1) ، أي س ص، ع ص، ص ع، وهلم جراً. وعلاوةً على ذلك، ينبغي عرض أزواج التتابعات كافة بكلا الترتيبين المحتملين لكل منها (على سبيل المثال: س ص، ص س).

1.4.2 تركيبة تجربة طريقة مقارنة الأزواج

تبدأ كل تجربة بعرض مجال رمادي متوسط قد يحتوي على هدف تثبيت – كأن يكون رقم التجربة مثلاً – بدون تفاوت، على ألا يدوم أكثر من ثلاث ثوان. وتعرض بعد ذلك التتابعات المطلوب مقارنتها. وبشكل عام، ينبغي أن تكون مدة عرض كل تتابع خاضع للاختبار حوالي 10 ثوان. ويمكن عرض التتابعات بالتوازي على جهازي عرض (أو متجاورين على نفس جهاز العرض) أو على التوالي (AB مثلاً) على نفس جهاز العرض. وفي الحالة الأخيرة، يُفصل بين التتابعات زمنياً بعرض مجال رمادي متوسط لمدة 3 ثوان. وتنهى التجربة بعرض مجال رمادي متوسط قد يحتوي على تذكير بتسجيل تصنيف، كأن تظهر عبارة "حان وقت التصويت"، وينبغي أن يبقى وقتاً يكفي لانتهاء المشاهد من تسجيل تصنيف (10 ثوان أو أقل على سبيل المثال). ويظهر في الشكل 6 نموذج لتجربة تقليدية بطريقة مقارنة الأزواج.

2.4.2 مقاييس تقدير طريقة مقارنة الأزواج

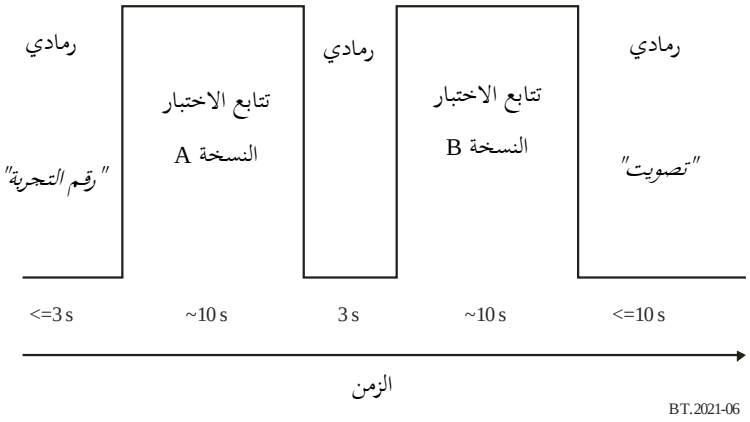
قد يطلب من المشاهدين تسجيل حكم تفضيلي بسيط باستخدام مقياس ثنائي (على سبيل المثال: A هو المفضل)، أو قد يطلب منهم تسجيل تفضيل متدرج (على سبيل المثال: A أفضل بكثير من B). ويمكن استخدام نفس المقياس لنوعية الصورة ونوعية العمق والارتياح البصري (انظر الجداول 1 و2 و3).

3.4.2 بطاقة درجات الآراء لطريقة مقارنة الأزواج

يعبر عن أحكام مقارنة الأزواج بمفردات التفضيل.

الشكل 6

طريقة مقارنة الأزواج – تركيبة التجربة



5.2 طريقة تقييم النوعية المتواصل بالتحفيز المفرد (SSCQE)

من الوارد أن تتذبذب مستويات نوعية الصورة ونوعية العمق والارتياح البصري تذبذبات واسعة مع الوقت، حتى ولو قصرت مقتطفات الفيديو المجسم ذي الترميز الرقمي، وقد تعتمد هذه التذبذبات على محتوى المشهد والمدة الزمنية للتدخلات (قصيرة أو طويلة مثلاً) التي تؤثر في تلك الأبعاد الأساسية الثلاثة. وقد صممت طريقة تقييم النوعية المتواصل بالتحفيز المفرد لمعالجة أثر هذه التنوعات الدينامية. وفي طريقة تقييم النوعية المتواصل بالتحفيز المفرد، تخضع نوعية الصورة ونوعية العمق والارتياح البصري لتتابعات الفيديو المجسم للتقييم المتواصل (أي أثناء تغيرها مع الوقت). وتعتبر هذه الطريقة بشكل عام أقرب إلى تمثيل أنماط المشاهدة المنزلية الفعلية.

1.5.2 الشكل العام لبروتوكول الاختبار

ينبغي تهيئة جلسات الاختبار للمشاركين على النسق التالي:

- *مقطع البرنامج (PS)*: يناظر مقطع البرنامج نوعاً واحداً من البرامج (على سبيل المثال، رياضة أو أخبار أو دراما) معالجاً وفق إحدى معلمات النوعية (QP) الخاضعة للتقييم (مثل معدل البتات)، على ألا يقل طول أي مقطع من برنامج عن 5 دقائق.
- *جلسة الاختبار (TS)*: جلسة الاختبار عبارة عن توليفة واحدة أو عدة توليفات مختلفة من مقاطع البرامج ومعلمات النوعية دون فصل ومرتبة بتسلسل شبه عشوائي. وتضم كل جلسة اختبار، على الأقل مرة، جميع مقاطع البرامج وجميع معلمات النوعية لكنها لا تضم بالضرورة جميع التركيبات بين مقاطع البرامج ومعلمات النوعية، وينبغي أن يتراوح طول كل جلسة بين 30 و60 دقيقة.
- *تنفيذ الاختبار (TP)*: يمثل تنفيذ الاختبار الأداء الكامل لاختبارٍ ما. ومن الممكن أن ينقسم تنفيذ لبرنامج إلى عدة جلسات اختبار لاستيعاب متطلبات المدد القصوى ولتقييم النوعية لجميع أزواج المقاطع والمعلمات. وإذا كان عدد الأزواج محدوداً، فمن الممكن أن يتألف تنفيذ البرنامج من تكرار لنفس جلسة الاختبار حتى يؤدي الاختبار على مدى فترة زمنية كافية.

ومن الممكن لتقييم نوعية الخدمة إدخال الصوت. وفي هذه الحالة، ينبغي النظر في انتقاء المادة الصوتية بنفس مستوى الأهمية الذي يناله انتقاء مادة الفيديو قبل أداء الاختبار.

وأبسط شكل يتخذه نسق الاختبار هو مقطع برنامج واحد ومعلمة نوعية واحدة.

2.5.2 مقاييس تقدير طريقة تقييم النوعية المتواصل بالتحفيز المفرد

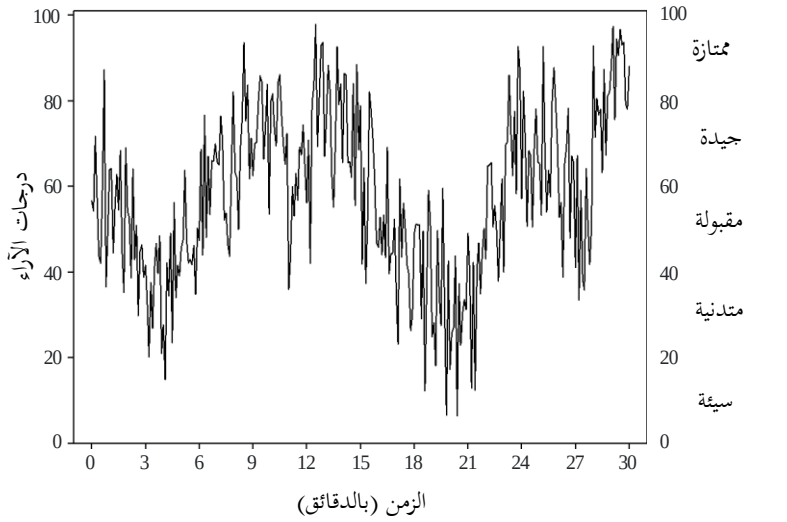
ينبغي بالنسبة إلى تقييم نوعية الصورة ونوعية العمق استخدام مقياس النوعية المتواصل المتعارف على استخدامه في الاتحاد (انظر الجدولين 1 و2). أما عن الارتياح البصري، فينبغي استخدام مقياس الارتياح المتواصل المبين في الجدول 3. ويعرض الشكل 7 نموذج *جلسة اختبار* باستخدام مقياس نوعية.

3.5.2 بطاقة درجات الآراء لطريقة تقييم النوعية المتواصل بالتحفيز المفرد

ينبغي تجميع البيانات من جميع جلسات الاختبار لحساب متوسط تصنيف النوعية كدالة في الزمن $q(t)$. كما يمكن عرض النتائج على هيئة متوسط تصنيفات النوعية لجميع المشاهدين لكل مقطع برنامج أو محتوى فيديو أو جلسة اختبار.

الشكل 7

مخرجات جلسة اختبار تقليدية لطريقة تقييم النوعية المتواصل بالتحفيز المفرد



6.2 طريقة تقييم النوعية المستمرة بحافزين متآونين (SDSCE)

تتيح الطريقة SSCQE قياس النوعية الفيديوية في تتابعات أطول تمثل المحتويات الفيديوية وإحصاءات الخطأ. ومن أجل إنتاج شروط مشاهدة قريبة إلى أبعد حد ممكن من قبل الشروط في الواقع لا تستعمل مرجعيات في الطريقة SSCQE.

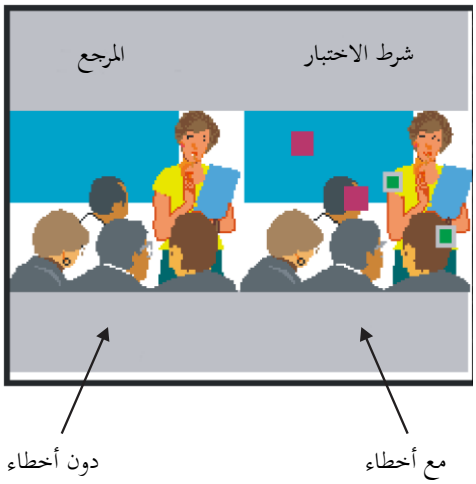
أما عند تقييم الأمانة، فيجب إدراج شروط مرجعية. وقد وضعت الطريقة SDSCE استناداً إلى الطريقة SSCQE مع إدخال بعض التعديلات فيما يتعلق بطريقة عرض الصور على المشاهدين وبسلم التقييم. وجرى اقتراح هذه الطريقة على الفريق MPEG لتقييم مقاومتها للأخطاء في معدل ثبات شديد الانخفاض، لكن يمكن استعمالها جيداً في جميع الحالات التي يتوجب فيها تقييم أمانة المعلومات المرئية المتأثرة بانحطاط متغير مع الزمن.

1.6.2 تقديم مواد الاختبار

تشاهد مجموعة الأشخاص تتابعين اثنين في نفس الوقت: أحدهما مرجعي والآخر للاختبار. نسق التتابعين هو نسق الصورة المعياري (SIF) أو أصغر، ويمكن عرض التتابعين جنباً إلى جنب في نفس جهاز العرض وإلاَّ فيستعمل جهازا عرض متوافقان (انظر الشكل 8).

الشكل 8

مثال لنسق العرض



BT.2021-08

2.6.2 مقاييس التقدير للطريقة SDSCE

ويُطلب إلى المشاهدين أن يرصدوا الاختلافات بين التتابعين ويقيموا مدى أمانة المعلومات الفيديوية وذلك بتحريك مزلاق جهاز التقييم. فعندما تكون الأمانة كاملة يوضع المزلاق على أعلى درجة (100) وعندما تنعدم الأمانة يوضع المزلاق على أدنى درجة (0). ويمكن استعمال مقياس النوعية المستمرة القياسي الخاص بالاتحاد (انظر الجداول 1 و2 و3).

ويُعلم المشاهدون بالصورة المرجعية ويطلب إليهم إبداء رأيهم لدى مشاهدة التتابعات وإلى مدى كامل الجلسة.

3.6.2 بيانات درجات الرأي في الطريقة SDSCE

تطبق التعاريف التالية على وصف بروتوكول الاختبار:

- *مقطع فيديوي (VS)*: وهو تتابع فيديوي واحد.
- *شرط اختبار (TC)*: هو إما عملية فيديوية محددة وإما شرط إرسال أو الاثنان معاً. وينبغي أن يعالج كل مقطع VS وفق شرط TC واحد على الأقل. كما ينبغي إضافة الصور المرجعية إلى قائمة شروط الاختبار من أجل تكوين أزواج من الصور المرجعية للتقييم.
- *جلسة (S)*: هي مجموعة من الأزواج المؤلفة من مقطع فيديوي/شرط اختبار دون فواصل ومرتبة حسب ترتيب شبه عشوائي. وتشمل كل جلسة جميع المقاطع VS والشروط TC مرة واحدة على الأقل دون تجميعاتها بالضرورة.
- *عرض الاختبار (TP)*: هو سلسلة من الجلسات التي تشمل جميع تجميعات المقاطع VS والشروط TC. ويجب أن يتم تقييم جميع التجميعات VS/TC من نفس عدد المراقبين (وليس بالضرورة نفس المراقبين).
- *مرحلة التقييم*: يطلب إلى كل مراقب أن يدلي بتقييمه بصورة متواصلة أثناء الجلسة.
- *مقاطع التقييم (SOV)*: وهو مقطع طوله عشر ثوان من التقييم؛ ويتم الحصول على المقاطع SOV باستعمال مجموعات من 20 تقييماً متعاقباً (يعادل 10 ثوان) دون أي تراكب.

بعد إجراء الاختبار، يتاح ملف بيانات واحد (أو أكثر) يضم جميع علامات التقييم لمختلف الجلسات التي تمثل إجمالي عدد درجات التقييم لعرض الاختبار (TP). ويمكن إجراء أول تحقق من صلاحية البيانات من خلال التحقق من أن كل زوج VS/TC عولج وأن عدداً متكافئاً من درجات التقييم قد أعطيت لكل من هذه الأزواج.

ويمكن معالجة البيانات المجمعة من الاختبارات التي أجريت وفق هذا البروتوكول بطرق ثلاث مختلفة هي:

- تحليل إحصائي لكل مقطع VS على حدة؛
- تحليل إحصائي لكل مقطع TC على حدة؛
- تحليل إحصائي شامل لجميع الأزواج VS/TC.

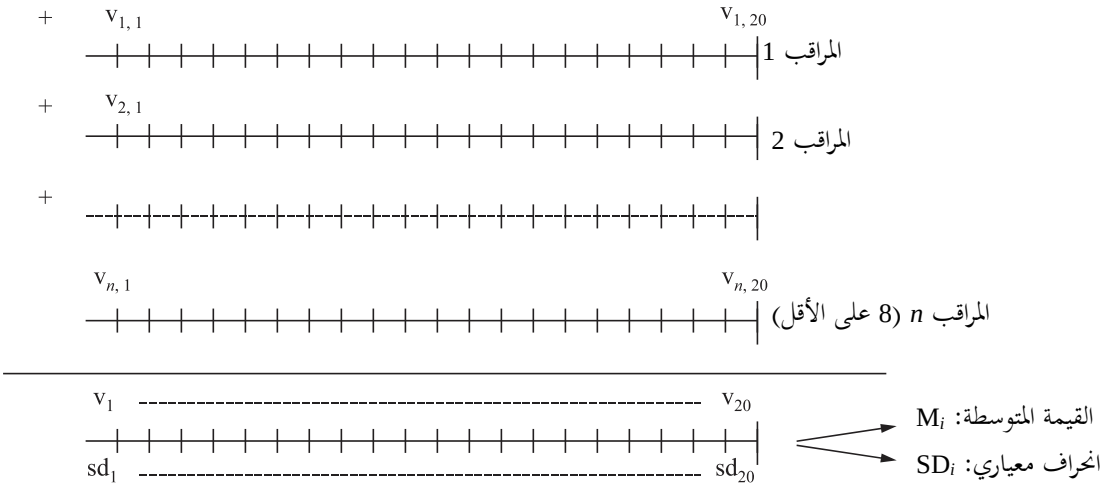
ويشترط إجراء تحليل متعدد المراحل من أربعة أجزاء لكل حالة:

- تحسب القيم المتوسطة والانحرافات المعيارية لكل تقييم يجمع أصوات المراقبين.
- تحسب القيم المتوسطة والانحرافات المعيارية لكل مقطع SOV وفقاً لما يرد في الشكل 9. ويمكن عرض نتائج هذه المرحلة في مخطط زمني كما هو مبين في الشكل 10.
- يحلل التوزيع الإحصائي للقيم المتوسطة الناتجة عن المرحلة السابقة (أي معادل كل مقطع SOV) ووتيرة ظهورها. وسعياً لتفادي الآثار الجديدة الناجمة عن عمليات تجميع VS × TC السابقة، تستبعد أول 10 مقاطع SOV من كل عينة VS × TC.
- تحسب الخصائص العامة للمضايقات من خلال جمع مرات ظهورها. وينبغي في هذا الحساب مراعاة فواصل الثقة على النحو الوارد في الشكل 11. وتعادل خصائص المطابقة دالة التوزيع الإحصائي التراكمي ببيان العلاقة بين القيم المتوسطة لكل مقطع SOV ومجموع عدد مرات ظهورها.

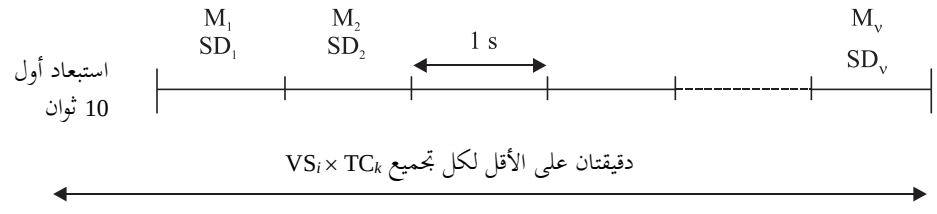
الشكل 9

معالجة البيانات

أ) حساب متوسط الدرجات، V، والانحراف المعياري، SD، لكل حالة تقييم للمراقبين لكل مقطع تقييم لكل تجميع VS × TC



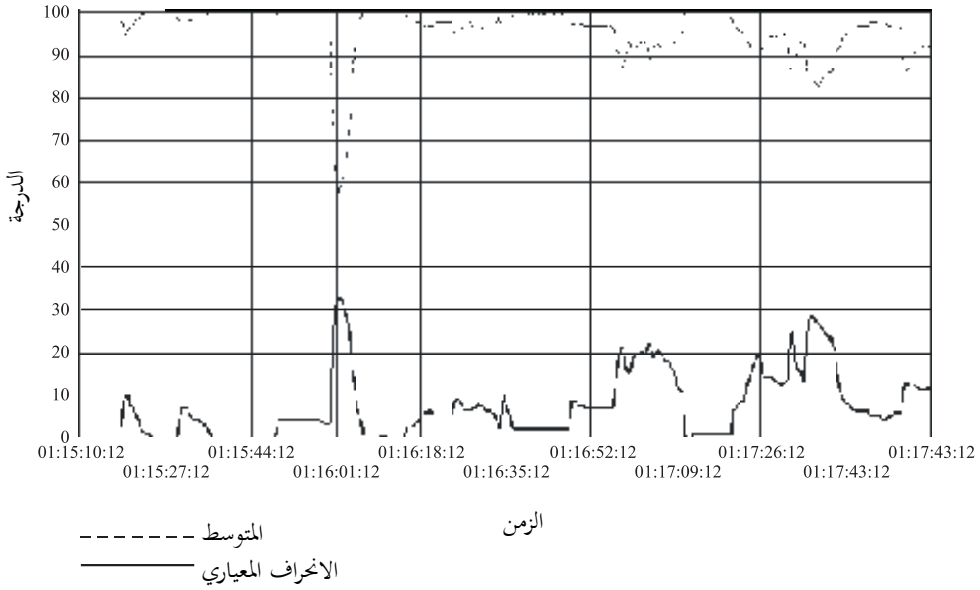
ب) حساب متوسط M والانحراف المعياري SD لكل مقطع تقييم للمراقبين لكل مقطع تقييم طوله 1 ثانية لكل تجميع VS × TC



BT.2021-09

الشكل 10

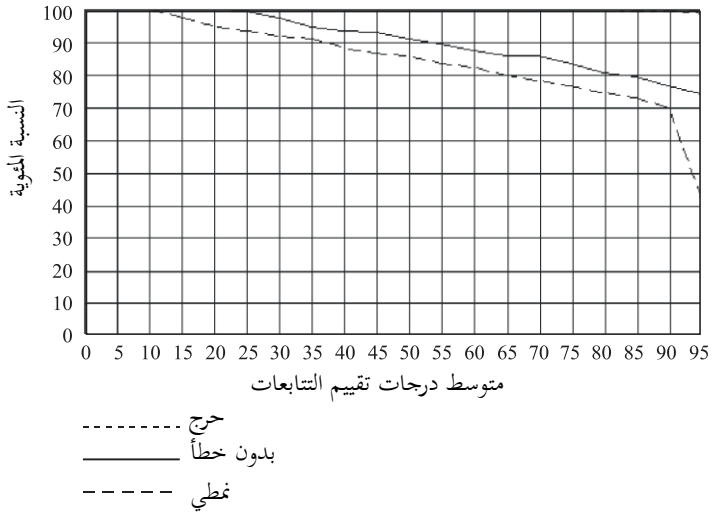
مخطط زمني قبل المعالجة



BT.2021-09

الشكل 11

تحديد خصائص المضايقة العامة استناداً إلى التوزيعات الإحصائية بما فيها فواصل الثقة



BT.2021-11

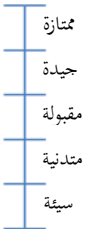
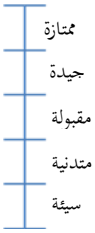
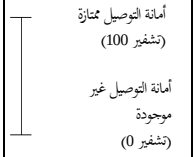
الجدول 1

الطريقة الذاتية لتقييم نوعية الصورة

أسلوب التنفيذ	مدة التتابع	المقياس الثنائي	المقياس المتدرج	المقياس المتواصل
طرائق التحفيز المفرد (SS) على النحو الموصوف في التوصية ITU-R BT.500، الملحق 1، القسم 1.6.	~ 10 ثانية		5 ممتازة 4 جيدة 3 مقبولة 2 متدنية 1 سيئة	ممتازة جيدة مقبولة متدنية سيئة
طريقة سلم الانحطاط ثنائية الحافز (DSIS) حسب وصفها في التوصية ITU-R BT.500، الملحق 1، القسم 4.			5 لا يلاحظ 4 يلاحظ لكنه غير مزعج 3 مزعج قليلاً 2 مزعج 1 مزعج جداً	
طريقة مقياس النوعية المتواصل بالتحفيز الثنائي (DSCQS) على النحو الموصوف في التوصية ITU-R BT.500، الملحق 1، القسم 5.	~ 10 ثانية			ممتازة جيدة مقبولة متدنية سيئة
طرائق مقارنة التحفيز (SC) على النحو الموصوف في التوصية ITU-R BT.500، الملحق 1، القسم 2.6.	~ 10 ثانية	A مقابل B	3- أسوأ بكثير 2- أسوأ 1- أسوأ قليلاً 0 تطابق 1 أفضل قليلاً 2 أفضل 3 أفضل بكثير	
طريقة تقييم النوعية المتواصل بالتحفيز المفرد (SSCQE) على النحو الموصوف في التوصية ITU-R BT.500، الملحق 1، القسم 3.6.	~ 3–5 دقيقة			ممتازة جيدة مقبولة متدنية سيئة
طريقة التحفيز الثنائي المتآون من أجل التقييم المتواصل (SDSCE) على النحو الموصوف في التوصية ITU-R BT.500، الملحق 1، القسم 4.6.				أمانة التوصيل ممتازة (تشفير 100) امانة التوصيل غير موجودة (تشفير 0)

الجدول 2

الطريقة الذاتية لتقييم نوعية العمق

أسلوب التنفيذ	مدة التتابع	المقياس الثنائي	المقياس المتدرج	المقياس المتواصل
طرائق التحفيز المفرد (SS) على النحو الموصوف في التوصية ITU-R BT.500، الملحق 1، القسم 1.6.	~ 10 ثانية		5 ممتازة 4 جيدة 3 مقبولة 2 متدنية 1 سيئة	
طريقة سلم الانحطاط ثنائية الحافز (DSIS) حسب وصفها في التوصية ITU-R BT.500، الملحق 1، القسم 4.			5 لا يلاحظ 4 يلاحظ لكنه غير مزعج 3 مزعج قليلاً 2 مزعج 1 مزعج جداً	
طريقة مقياس النوعية المتواصل بالتحفيز الثنائي (DSCQS) على النحو الموصوف في التوصية ITU-R BT.500، الملحق 1، القسم 5.	~ 10 ثانية			
طرائق مقارنة التحفيز (SC) على النحو الموصوف في التوصية ITU-R BT.500، الملحق 1، القسم 2.6.	~ 10 ثانية	A مقابل B	3- أسوأ بكثير 2- أسوأ 1- أسوأ قليلاً 0 تطابق 1 أفضل قليلاً 2 أفضل 3 أفضل بكثير	
طريقة تقييم النوعية المتواصل بالتحفيز المفرد (SSCQE) على النحو الموصوف في التوصية ITU-R BT.500، الملحق 1، القسم 3.6.	~ 3–5 دقيقة			
طريقة التحفيز الثنائي المتآون من أجل التعميم المتواصل (SDSCE) على النحو الموصوف في التوصية ITU-R BT.500، الملحق 1، القسم 4.6.				

الجدول 3

الطريقة الذاتية لتقييم الارتياح البصري

أسلوب التنفيذ	مدة التتابع	المقياس الثنائي	المقياس المتدرج	المقياس المتواصل
طرائق التحفيز المفرد (SS) على النحو الموصوف في التوصية ITU-R BT.500، الملحق 1، القسم 1.6.	~ 10 ثانية		5 مريحة جداً 4 مريحة 3 غير مريحة قليلاً 2 غير مريحة 1 غير مريحة للغاية	مريحة جداً مريحة غير مريحة قليلاً غير مريحة غير مريحة للغاية
طريقة سلم الانحطاط ثنائية الحافز (DSIS) حسب وصفها في التوصية ITU-R BT.500، الملحق 1، القسم 4.			5 لا يلاحظ 4 يلاحظ لكنه غير مزعج 3 مزعج قليلاً 2 مزعج 1 مزعج جداً	
طريقة مقياس النوعية المتواصل بالتحفيز الثنائي (DSCQS) على النحو الموصوف في التوصية ITU-R BT.500، الملحق 1، القسم 5.	~ 10 ثانية			مريحة جداً مريحة غير مريحة قليلاً غير مريحة غير مريحة للغاية
طرائق مقارنة التحفيز (SC) على النحو الموصوف في التوصية ITU-R BT.500، الملحق 1، القسم 2.6.	~ 10 ثانية	A مقابل B	3- أسوأ بكثير 2- أسوأ 1- أسوأ قليلاً 0 تطابق 1 أفضل قليلاً 2 أفضل 3 أفضل بكثير	
طريقة تقييم النوعية المتواصل بالتحفيز المفرد (SSCQE) على النحو الموصوف في التوصية ITU-R BT.500، الملحق 1، القسم 3.6.	~ 3–5 دقيقة			مريحة جداً مريحة غير ميحة قليلاً غير مريحة غير مريحة للغاية
طريقة التحفيز الثنائي المتآون من أجل التعميم المتواصل (SDSCE) على النحو الموصوف في التوصية ITU-R BT.500، الملحق 1، القسم 4.6.				أمانة التوصيل ممتازة (تشفير 100) أمانة التوصيل غير موجودة (تشفير 0)

3 ظروف المشاهدة العامة

ينبغي أن تكون ظروف المشاهدة (بما في ذلك نصوع الشاشة والتباين وإضاءة الخلفية ومسافة المشاهدة وما إلى ذلك) متسقة مع تلك المستخدمة للصور ثنائية الأبعاد كما هو موصوف في التوصية ITU-R BT.2022 (الوثيقة 6/20) – ظروف المشاهدة العامة من أجل التقييم الذاتي لجودة صور التلفزيون عادي الوضوح والتلفزيون عالي الوضوح على شاشات العرض المسطحة. ولاتباع نهج الاتساق هذا أسباب منطقية من شقين، أولهما أن المستخدمين في التطبيق العملي سيشاهدون التلفزيون ثلاثي الأبعاد بنفس أجهزة العرض المستخدمة للتلفزيون ثنائي الأبعاد وتحت نفس ظروف المشاهدة، والثاني أن الحاجة ستنشأ كثيراً إلى قياس التقدم المحرز في تكنولوجيات الفيديو ثلاثي الأبعاد نسبةً إلى التقدم المحرز في تكنولوجيات فيديو التلفزيون عالي الوضوح العادي (أي "مقارنةً بها").

وتحدد التوصية ITU-R BT.2022 (الوثيقة 6/20) معيارين محتملين لاختيار مسافة المشاهدة. والمختار منهما هو "مسافة المشاهدة التصميمية" (DVD)، وتعريفها بالنسبة إلى الأنظمة الرقمية هو المسافة التي يقابل عندها بيكسلان متجاوران زاوية قياسها دقيقة قوسية واحدة عند عين المشاهد.

وفي حالة التعبير عن مسافة المشاهدة التصميمية باستخدام مضاعفات ارتفاع الصورة، تساوي هذه المسافة بالنسبة إلى الأنظمة التي تبلغ استبانة الصورة فيها 1 280 × 720 (التوصيتان ITU-R BT.1543 وITU-R BT.1847) 4,8 ضعفاً من الارتفاع، بينما تكون بالنسبة إلى مجموعة الاستبانة 1 920 × 1 080 في أنظمة التلفزيون عالي الوضوح (التوصية ITU-R BT.709) 3,1 ضعفاً من الارتفاع (صور ثابتة).

ويورد الجدول 4، على سبيل التوضيح، مسافة المشاهدة التصميمية بالأمتار لعينة تمثيلية من القياسات القطرية لأجهزة التلفزيون.

الجدول 4

مسافة المشاهدة التصميمية بالأمتار لقياسات قطرية لأجهزة تلفزيون متنوعة

القياس القطري (بوصة)	نظام صور 1 920 × 1 080	نظام صور 1 280 × 720
	مسافة المشاهدة التصميمية (متر)	مسافة المشاهدة التصميمية (متر)
32	1,24	1,88
42	1,62	2,47
52	2,01	3,06
62	2,39	3,64
72	2,78	4,23
82	3,17	4,82
92	3,55	5,41
102	3,94	5,99

وينبغي ملاحظة أن تقابل بيكسلين متجاورين لزاوية قياسها دقيقة قوسية واحدة عند عين المشاهد يعني أن أصغر تفاوت زاوي (شبكي) يمكن للنظام تمثيله عند مسافة المشاهدة التصميمية (أي استبانة عمق النظام) يساوي دقيقة قوسية واحدة (أو ما يعادل 60 ثانية قوسية). وقد أظهرت الأبحاث أن ما يقرب من 97% من الناس يستطيعون تمييز تفاوتات أفقية تبلغ 140 ثانية قوسية أو أقل، وأن 80% منهم على الأقل يستطيعون استشعار تفاوتات أفقية تبلغ 30 ثانية قوسية. وعلى ذلك فيفترض أن يسهل على معظم المشاهدين استيعاب أصغر تفاوت قابل للتمثيل على أنظمة الفيديو ثلاثي الأبعاد الحالية على مسافة المشاهدة التصميمية.

4 مواد الاختبار

ينبغي توجيه مواد الاختبار حسب المسألة التجريبية التي تعالجها الدراسة. وبشكل عام، ينبغي أن يعبر محتوى تتابعات الاختبار (رياضة، دراما، فيلم، وما إلى ذلك) وخصائصها الزمانية–المكانية عن البرامج التي تبثها الخدمة الخاضعة للدراسة.

وعلاوةً على ذلك، ينبغي أن يمثل محتوى تتابعات الاختبار المجسمة المنتقاة مادة مريحة في المشاهدة بشكل طبيعي. ويعتمد الارتياح البصري للصور المجسمة أقصى اعتماد على تفاوتات الصورة (التخاطل) التي تنطوي الصورة عليها وعلى ظروف المشاهدة. وعلى ذلك، ينبغي العمل بعناية على ضمان عدم تجاوز التفاوتات الحدود المنصوص عليها في القسم التالي، ما لم تستهدف الدراسة تعييناً قياس الارتياح البصري. وعلاوةً على ذلك، ينبغي كلما أمكن قياس العوامل الإحصائية من متوسط وانحراف قياسي ومدى (أدنى/أقصى) لتوزيع التفاوت في تتابعات الاختبار وإدراجها في التقارير.

ويمكن طرح التخاطل والتراوح بين الصورتين اليمنى واليسرى توزيع التخاطل وتغيره كعناصر ينبغي أخذها في الاعتبار عند اختيار صور اختبار بحيث تكون صوراً ثلاثية الأبعاد مجسمة سهلة المشاهدة. وتتناول الأقسام الفرعية التالية بالوصف العلاقة بين الصور ثلاثية الأبعاد المجسمة سهلة المشاهدة والتخاطل والتراوح بين الصورتين اليمنى واليسرى توزيع التخاطل وتغيره.

1.4 حدود الارتياح البصري

تسبب زيادة التفاوت/التخاطل فقداً للارتياح البصري لأنها تزيد من التضارب بين الاستيعاب والتجانح. ولذلك، يُقترح في سبيل تقليل التضارب بين الاستيعاب والتجانح أن تكون التفاوتات في الصورة المجسمة من الصغر بما يكفي لوقوع الأعماق المدركة للكائنات ضمن "منطقة ارتياح". وقد اقترحت عدة نهج لتعريف هذه الحدود. ومن هذه النهج المقترحة استخدام قياس لتخاطل الشاشة يعبر عنه كنسبة مئوية من حجم الشاشة الأفقي، وذلك لتعيين حدود المشاهدة المريحة. وقد طرحت لذلك القيم 1% بالنسبة إلى التفاوتات المتقاطعة/السلبية و2% بالنسبة إلى التفاوتات غير المتقاطعة/الإيجابية (بقيمة إجمالية حوالي 3%). ووفق نهج آخر، تحدد منطقة الارتياح حسب عمق مجال العين. وقد افترض الباحثون لظروف مشاهدة بث تلفزيوني تقليدي عمق مجال يتراوح بين ±D0,2 (ديوبتر) و±D0,3 (ديوبتر). وتناظر هاتان القيمتان بالنسبة إلى نظام استبانة صور 1 920 × 1 080 في أنظمة التلفزيون عالي الوضوح (التوصية ITU-R BT.709) يشاهد من مسافة المشاهدة التصميمية التي تبلغ 3.1 ضعفاً من الارتفاع ما يقرب من ±2% و±3% من تخاطل الشاشة. وأخيراً، يعبر نهج ثالث عن حدود الارتياح باستخدام التفاوت الشبكي، حيث يضع حديه عند ±1° من زاوية الإبصار بالنسبة إلى التفاوتات الإيجابية والسلبية.

وجدير بالذكر أن نواتج هذه النهج المختلفة تميل إلى التقارب فيما بينها لتحدد نفس حدود الارتياح. ونذكِّر بأن بيكسلين متجاورين يقابلان عند مسافة المشاهدة التصميمية زاوية قياسها دقيقة قوسية واحدة عند عين المشاهد. وعلى ذلك، يناظر 60 بيكسلاً درجة واحدة من زاوية الإبصار. وهذا يتيح لنا التعبير بسهولة عن حدود الارتياح باستخدام التفاوت الشبكي (بالنسبة إلى مشاهد متوسط). فعلى سبيل المثال، تناظر 1% (حوالي 19,2 بيكسلاً) في أنظمة استبانة صور 1 920 × 1 080 في أنظمة التلفزيون عالي الوضوح (التوصية ITU-R BT.709) حوالي 20 دقيقة قوسية، وتناظر 2% حوالي 40 دقيقة قوسية، وتناظر 3% حوالي 60 دقيقة قوسية (أو ما يعادل درجة واحدة).

وجدير بالملاحظة أنه بالرغم من تقابل بيكسلين متجاورين دوماً لزاوية قياسها دقيقة قوسية واحدة عند مسافة المشاهدة التصميمية، فإن الفاصل المادي (أي ما يقاس بالمليمتر) بين هذين البيكسلين يزداد كلما كبر حجم جهاز العرض (يبقى عدد البيكسلات كما هو لكن الحجم المادي للشاشة يزداد). وعلى ذلك فمن شأن الحدود الأعلى (±3% مثلاً) أن تؤدي في أجهزة العرض الأكبر إلى تجاوز المسافة المادية بين النقاط المناظرة (أي تخاطل المشهدين بالمليمتر) المسافة بين الحدقتين لدى المشاهد المتوسط (حوالي 63-65 mm)، وهذا قد يسبب عدم ارتياح.

2.4 الفروق بين الصورتين اليمنى واليسرى

تتكون الصورة ثلاثية الأبعاد المزدوجة بصرياً في الأنظمة ثلاثية الأبعاد المجسمة عن طريق عرض كلٍ من الصورة اليمنى واليسرى للعين المناظرة لجهتها. ومن شأن أي فروق تنشأ بين هاتين الصورتين أن تسبب إجهاداً نفسياً وجسدياً، بل وقد تفشل المشاهدة ثلاثية الأبعاد كليةً في بعض الحالات. فعلى سبيل المثال، قد تحدث عند تصوير أفلام تلفزيونية ثلاثية الأبعاد مجسمة بعض التشوهات الهندسية مثل عدم اتساق الأحجام والإزاحة الرأسية وأخطاء الدوران بين الصورتين اليمنى واليسرى. ويفضل أن تخلو صور الاختبار من هذه التشوهات الهندسية. انظر القسم 1.2.3 من الملحق 4 بالتقرير ITU-R BT.2160-2 للحصول على مزيدٍ من المعلومات.

والعناصر المتعلقة بالفروق بين الصورتين اليمنى واليسرى التي ينبغي أخذها في الاعتبار عند اختيار صور اختبار بحيث تكون صوراً ثلاثية الأبعاد مجسمة سهلة المشاهدة هي كالتالي:

- الفروق الهندسية، بما فيها الحجم والإزاحة الرأسية والدوران؛
- فروق السطوع، بما فيها مستوى الأبيض والأسود؛
- التداخل.

3.4 المدى والتوزيع والتغير في التخاطل

ترتبط توزيعات التخاطل بعلاقة بينية مع الارتياح البصري للصور المجسمة.

ويكون توزيع التخاطل في الصور المجسمة متقطعاً خلال أرتال تغير المنظر. وتسبب حالات التغير الأقصى في التخاطل أو التغيرات المفاجئة في التخاطل عدم ارتياح بصري، لذا فمن المهم إدارة تخاطل صور الاختبار بعناية. انظر القسم 2.2.3 من الملحق 4 بالتقرير ITU-R BT.2160-2 للحصول على مزيدٍ من المعلومات.

وبشكل عام، بما أن من شأن الدراسات التي تستخدم تتابعات اختبار مجسمة أن تسبب درجة ما من عدم الارتياح البصري، فيوصى باستخدام مواد اختبار لا تتجاوز التفاوتات فيها حدود الارتياح متى ما أمكن ذلك، مع السماح في حالات متباعدة بالحياد اليسير عن تلك الحدود.

5 معدات التجارب

ينبغي أن تسمح إمكانيات معدات التجارب (مخدم الفيديو وجهاز العرض وغير ذلك) بعرض تتابعات اختبار عالية الوضوح باستبانة كاملة، وذلك باستخدام نسق ترزيم أرتال HDMI على سبيل المثال. فمن شأن هذا أن يتيح قدراً أكبر من المرونة في مدى الدراسات التي يمكن إجراؤها.

ولم يستقر الأمر حتى الآن على جهاز عرض مرجعي موحد لتقييم التلفزيون ثلاثي الأبعاد. وعلى ذلك فمن المتوقع أن يستخدم معظم الباحثين أجهزة عرض التلفزيون ثلاثي الأبعاد المتاحة على مستويات المستهلكين الحالية. ونظراً للتنوع في خصائص أجهزة العرض هذه حسب الصانع، فيوصى بشدة أن يدرج الباحثون في تقاريرهم معلومات الإعدادات ذات الصلة لجهاز العرض المستخدم في الدراسة.

6 المشاهدون

1.6 حجم العينة

يوصى بشكل عام باستخدام ما لا يقل عن 30 مشاهداً. ومع ذلك، فمن المسلم به أن الرقم الفعلي يعتمد على الأهداف المحددة للدراسة المعنية، علماً بأن اعتبارات حجم العينة لدراسات الأبعاد الثلاثية لا تختلف عن اعتبارات دراسات الأبعاد الثنائية.

2.6 التقييم البصري

ينبغي أن يخضع المشاهدين للتقييم من حيث حدة الإبصار وعمى الألوان والإبصار المجسم باستخدام اختبارات الإبصار الإكلينيكية الحالية، مثل مخططات سنيلين أو ما يكافئها لحدة الإبصار ولوحات إيشيهارا للألوان أو ما يكافئها واختبار النقاط العشوائية أو ما يكافئه للإبصار المجسم. وجدير بالملاحظة أن اختبارات الإبصار المجسم مثل اختبارات النقاط العشوائية والذبابة المجسمة وفريزبي تقيس في العادة تفاوتات شبكية من حوالي 20 إلى 400 ثانية قوسية. ويوصى بأن يدرج الباحثون في تقاريرهم الإحصائيات ذات الصلة حول قدرات الإبصار المجسم لدى المشاهدين المشاركين في الدراسة. وإذا اقتضت الحاجة تحليلاً أكثر تفصيلاً لقدرات الإبصار المجسم لدى المشاهدين، فللباحثين استخدام مواد الاختبار المذكورة في التذييل 1.

7 تعليمات المشاهدين

ينبغي أن تفصل التعليمات حسب الأبعاد الخاضعة للفحص (مثل نوعية العمق والارتياح وما إلى ذلك). ويلاحظ أن المبادئ التوجيهية الأخلاقية في حالة دراسات الأبعاد الثلاثية أشد صرامة من تلك المستخدمة عادةً في تقييم نوعية الصور ثنائية الأبعاد نظراً لاحتمال تعرض المشاركين لحالات عدم ارتياح بصري. وبشكل عام، تتطلب دراسات الأبعاد الثلاثية مزيداً من العناية في إعلام المشاركين بدوافع الدراسة علاوةً على أي أثر سلبي محتمل ينتج عن التعرض لعوامل التحفيز المستخدمة في الدراسة.

8 مدة الجلسة

إذا اعتبرت المادة المعروضة مريحة فيمكن أن تمتد جلسة الاختبار نفس المدة المستخدمة لدراسات الأبعاد الثنائية (أي حوالي 20–40 دقيقة تتخللها فترات راحة). أما إن وجد أن المادة تحتوي على تخاطل مفرط، مما يعني احتمال تسببها في عدم ارتياح، فينبغي تقصير المدة.

9 استخدام مواد فيديو مرجعية

يجدر بالباحثين إدخال التتابع المرجعي، إن كان متاحاً، ضمن مجموعة تتابعات الاختبار. وتكون المادة المرجعية في العادة نسخة من تتابع الاختبار لم تخضع لأي معالجة (أي تتابع المصدر الأصلي). وبالنسبة إلى دراسات الصور المجسمة، تكون المادة المرجعية الأساسية هي التتابع المجسم الأصلي غير المعالَج، غير أنه يجوز كذلك تضمين النسخة المستوية ثنائية الأبعاد من المادة المرجعية (أي مشهد واحد فقط لتتابع المصدر الأصلي) في خطة التجربة، فقد يكون من المفيد على سبيل المثال في دراسات الارتياح البصري استخدام المادة المرجعية المستوية لتكون خط الأساس. وينبغي عرض النسخة المسطحة من المادة المرجعية في وضع الأبعاد الثلاثية (كأن يُعرض المشهد الأيسر لكلا العينين اليمنى واليسرى باستخدام نفس إعدادات معدات الأبعاد الثلاثية المستخدمة في التتابع المجسم الفعلي). ويتيح تضمين المادة المرجعية في خطة التجربة ميزتين مهمتين، أولهما أن ذلك يهيئ فرصة لقياس الشفافية (المعروفة أيضاً باسم الدقة) التي توفرها الخوارزمية أو التكنولوجيا محل الفحص[2]. وأما الميزة الثانية لتضمين المادة المرجعية فهي أنها تهيئ مرتكزاً عالي الجودة من شأنه الإعانة على تنظيم التصنيفات[3].

---

[2] الشفافية (الدقة) مفهوم يصف أداء كودك أو نظام مقارنةً بنظام إرسال مثالي دون أي انحطاط. ويسهل تبين إمكانية قياس الشفافية بالمقارنة بين التصنيفات المعطاة للتتابع المرجعي وتلك المعطاة للتتابع المعالَج بالخوارزمية أو التكنولوجيا محل الفحص.

[3] من المسلم به أنه يمكن أيضاً رفع مستوى استقرار التصنيفات مكانياً (أي بين مختلف المختبرات) وزمانياً (أي في نفس المختبر عند أوقات مختلفة) باستخدام مرتكزات منخفضة الجودة. غير أن الاتحاد ليس لديه خطط فورية لوضع/تعريف مرتكزات منخفضة الجودة لتقييم تكنولوجيات التصوير المجسم.

10 تنوع الاستجابات

تتسم التصنيفات التي يقررها المشاهدون في تجارب التقييم الذاتي بقدر كبير من التنوع بشكل عام. وقد تعكس الاختلافات بين المشاهدين خصائص المجموعة المرجعية ليس إلا، مما يسهل معالجته بزيادة حجم العينة.

ومع ذلك فقد ينشأ جانب من التنوع من تغيرات في أنماط الاستجابة لآحاد المشاهدين خلال التجربة. وتقتضي هذه التغيرات تغيير معايير التقييم، مما قد يحدث بسبب زيادة التمرس في المهمة (حفظ خصائص التدخلات وما إلى ذلك). وينبغي للباحثين في سبيل تقليل الآثار السلبية لهذا التنوع أن يوفروا إجراءات تدريبية وافية (المهمة ومستوى الانحطاط وما إلى ذلك) ويستخدموا توزيعات عشوائية متعددة (بمعنى عرض تتابعات الاختبار بترتيبات عشوائية مختلفة لمختلف المشاهدين) ويستخدموا التكرار (مما قد يتيح كذلك قياس التغير المحتمل في أنماط الاستجابة).

11 معايير رفض المشاهدين

تصف التوصية ITU-R BT.500 معايير رفض المشاهدين المعروضة في القسم 2.

12 التحليل الإحصائي

التحليلات الإحصائية لفحص أنظمة التصوير ثلاثي الأبعاد هي نفسها المستخدمة لأنظمة التصوير ثنائي الأبعاد.

التذييل 1

مواد اختبار الإبصار

1 اختبار الإبصار

يورد الجدول 5 مخططات اختبارات الإبصار. وهذه الاختبارات الاثنا عشر مختارة وفق تدرج نظام الإبصار البشري من مستويات أدنى إلى أعلى. ويرد أدناه وصف لثمان اختبارات إبصار رئيسية، والأربعة الأخرى للاختبار الإكلينيكي. ويجب أن يكون الإبصار التجسيمي لدى المشاهد سليماً، مما يقتضي اجتيازه اختبار الإبصار الرابع للإبصار التجسيمي الدقيق واختبار الإبصار السابع للإبصار التجسيمي الديناميي. وأما الاختبارات الستة الباقية فهي موجهة إلى تحديد الخصائص بمزيدٍ من التفصيل. وينبغي النظر إلى مخططات الاختبار من مسافة تساوي ثلاثة أضعاف ارتفاع شاشة العرض.

الجدول 5

مواد الاختبارات المجسمة لاختبار الإبصار

الرقم	العنصر	محل الاختبار	المضمون
1	الإدراك المتزامن	القدرة على إدراك صور معروضة بازدواج المجال بشكل متزامن وفي الموضع الصحيح	تعرض صورة قفص لعين وصورة أسد للعين الأخرى
2	دمج الازدواج البصري	القدرة على إدراك صورتين مزدوجتي المجال في العينين اليمنى واليسرى على أنهما صورة واحدة	تحتوي الصورة الموجهة إلى إحدى العينين على نقطتين، بينما تحتوي الصورة الموجهة إلى العين الأخرى على ثلاث نقاط، مع اشتراكهما في إحدى هذه النقاط
3	الإبصار التجسيمي الثخين	القدرة على إدراك صور معروضة بازدواج المجال بتخاطل كصورة واحدة بعمق ثخين	الصورة للعينين عبارة عن زوج تجسيمي من الصور ليعسوب جناحاه ممتدان
4	الإبصار التجسيمي الدقيق	القدرة على إدراك صور معروضة بازدواج المجال بتخاطل كصورة واحدة بعمق دقيق	تعرض تسع رقع اختبار معينة الشكل في كل منها أربع دوائر إحداها بها تخاطل ضئيل
5	حد الدمج المقطوع	القدرة على إدراك صور معروضة بازدواج المجال بتفاوتات مقطوعة كصورة واحدة	يعرض زوج تجسيمي من شريطين مع تغيير تخاطله المقطوع بمقدار 10′/ثانية
6	حد الدمج غير المقطوع	القدرة على إدراك صور معروضة بازدواج المجال بتفاوتات غير مقطوعة كصورة واحدة	يعرض زوج تجسيمي من شريطين مع تغيير تخاطله غير المقطوع بمقدار 11′/ثانية
7	الإبصار التجسيمي الدينامي	القدرة على إدراك العمق في صور مجسمة بنقاط عشوائية متحركة	صورة مجسمة بنقاط عشوائية دينامية
8	حدة الازدواج البصري	حدة الازدواج البصري، بما في ذلك أي خلل في توازن حدة الإبصار الأحادي قد يحول دون الإبصار التجسيمي الجيد	حروف E متنوعة الاتجاه والحجم
9	الحول الأفقي	انحراف أفقي في العين لا يستطيع المريض التغلب عليه	خطوط رأسية وأفقية
10	الحول الرأسي	انحراف رأسي في العين لا يستطيع المريض التغلب عليه	خطوط رأسية وأفقية
11	تفاوت الصورتين	حالة تسبب اختلاف في صورة كائن المبصرة بإحدى العينين عن الأخرى حجماً وشكلاً	تتكون الصورة اليسرى من الحرفين "[o" بينما تتكون اليمنى من الحرفين "o]" مع اشتراكهما في موضع حرف "o"
12	الإحولال التدويري	انحراف إحدى العينين حول المحور الأمامي الخلفي عند منع الدمج	تتكون الصورة اليسرى من وجه ساعة بينما تتكون اليمنى من عقربي ساعة في موضع الساعة السادسة

الملاحظة 1 – هذه المواد موضوعة في نسق 1125/60/I (انظر التوصية ITU-R BT.709).

الملاحظة 2 – يمكن الحصول على المواد من معهد معلومات الصور ومهندسي التلفزيون باليابان (ITE)، 3-5-8 Shibakoen، Minato-ku، Tokyo 105-0011، Japan، هاتف: 4675-3432-3-81، بريد إلكتروني: ite@ite.or.jp .

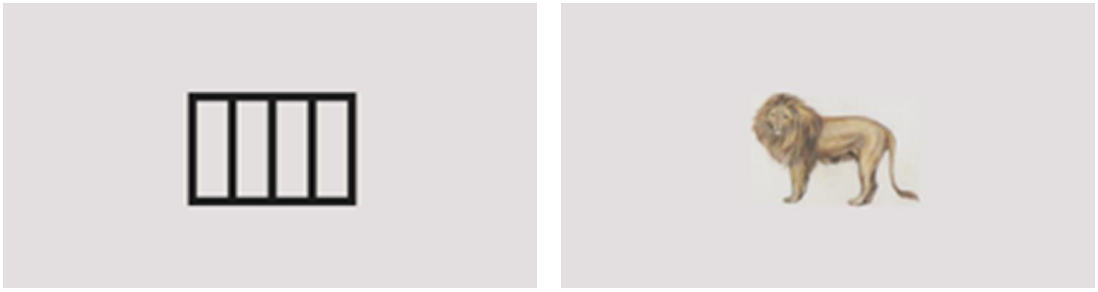
توضع صور مصغرة متجاورة في الأسفل وعلى اليمين واليسار للدمج الحر المقطوع لأغراض توضيحية.

1) *اختبار الإبصار–01*: الإدراك المتزامن (اختبار الأسد)

يختبر القدرة على إدراك صور معروضة بازدواج المجال بشكل متزامن وفي الموضع الصحيح. تعرض صورة قفص لعين واحدة وصورة أسد للعين الأخرى، مع تحرك موضعها بمقدار 12′ /ثانية. ويكون حجم كل صورة مثبتاً على 10° حتى يتمكن المشاهدون من التقاط الصور على الشبكية. ويستطيع المشاهدون ذوو الإبصار العادي رؤية الأسد داخل القفص في وقت معين ضمن مدة العرض.

الشكل 12

مخطط اختبار الإبصار–01



الصورة اليسرى الصورة اليمنى

BT.2021-06

2) *اختبار الإبصار–02*: دمج الازدواج البصري (اختبار صافي النقاط الأربع)

يختبر القدرة على إدراك صورتين مزدوجتي المجال في العينين اليمنى واليسرى كصورة واحدة. تحتوي الصورة الموجهة إلى إحدى العينين على نقطتين، بينما تحتوي الصورة الموجهة إلى العين الأخرى على ثلاث نقاط، مع اشتراكهما في إحدى هذه النقاط. ويستطيع المشاهدون ذوو الإبصار العادي رؤية أربع نقاط.

الشكل 13

مخطط اختبار الإبصار–02

الصورة اليسرى الصورة اليمنى

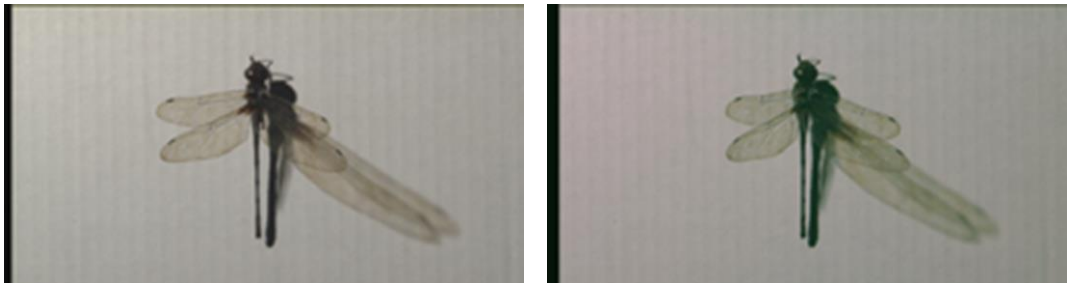
BT.2021-07

3) *اختبار الإبصار–03*: الإبصار التجسيمي الثخين (اختبار اليعسوب)

يختبر القدرة على إدراك صور معروضة بازدواج المجال بتخاطل كصورة واحدة بعمق ثخين. وتكون الصور للعينين عبارة عن زوج تجسيمي من الصور ليعسوب جناحاه ممتدان ويستطيع المشاهدون ذوو الإبصار العادي إدراك الجناحين أمام شاشة العرض.

الشكل 14

مخطط اختبار الإبصار–03



الصورة اليسرى الصورة اليمنى

BT.2021-08

4) *اختبار الإبصار–04*: الإبصار التجسيمي الدقيق (اختبار الدائرة)

يختبر القدرة على إدراك صور معروضة بازدواج المجال بتخاطل كصورة واحدة بعمق دقيق. وتعرض تسع رقع اختبار معينة الشكل في كل منها أربع دوائر إحداها فقط بها تخاطل ضئيل. ويستطيع المشاهدون ذوو الإبصار العادي إدراك الدائرة ذات التخاطل الضئيل أمام شاشة العرض. ويبين الجدول 6 رقم الاختبار والإجابات الصحيحة وزاوية الإبصار التجسيمي عند مسافة تساوي ثلاثة أضعاف الارتفاع.

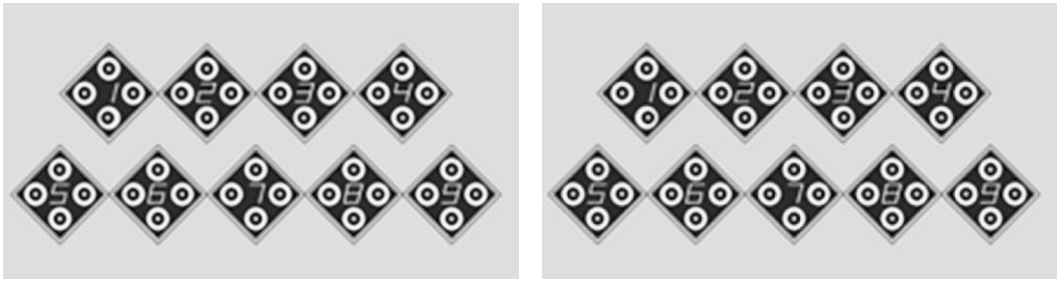
الجدول 6

الإجابات الصحيحة والتخاطل

رقم الاختبار	الإجابات الصحيحة والتخاطل	زاوية الإبصار التجسيمي عند مسافة تساوي ثلاثة أضعاف الارتفاع (")
1	أسفل	480
2	يسار	420
3	أسفل	360
4	أعلى	300
5	أعلى	240
6	يسار	180
7	يمين	120
8	يسار	60
9	–	0

الشكل 15

مخطط اختبار الإبصار–04



الصورة اليسرى الصورة اليمنى

BT.2021-09

5) ***اختبار الإبصار–05*: حد الدمج المقطوع (اختبار الأشرطة)**

يختبر القدرة على إدراك صور معروضة بازدواج المجال بتفاوتات مقطوعة كصورة واحدة. يعرض زوج تجسيمي من شريطين مع تغيير تخاطله بمقدار 10′ /ثانية. ويمكن قياس حدود الدمج للسلسلة المتزايدة والمتناقصة. ويوجَه المشاهدون إلى الإفادة بحد الدمج لديهم بمجرد إدراكهم صوراً مزدوجة في السلسلة المتزايدة، واستعادة الدمج لديهم بمجرد إدراكهم صورتي المجال المزدوج كصورة واحدة في السلسلة المتناقصة.

الشكل 16

مخطط اختبار الإبصار–05

الصورة اليسرى الصورة اليمنى

BT.2021-10

6) ***اختبار الإبصار–06*: حد الدمج غير المقطوع (اختبار الأشرطة)**

يختبر القدرة على إدراك صور معروضة بازدواج المجال بتفاوتات غير مقطوعة كصورة واحدة. الصور المعروضة هي نفسها المستخدمة للحالة المقطوعة أعلاه، مع التبديل بين الصورتين اليمنى واليسرى.

الشكل 17

مخطط اختبار الإبصار–06

الصورة اليسرى الصورة اليمنى

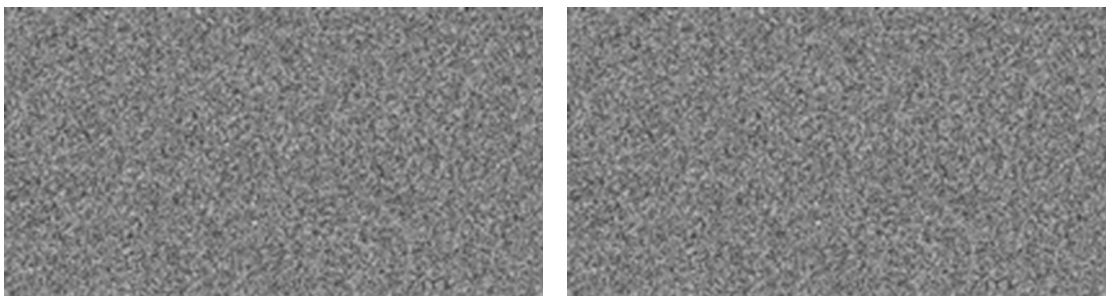
BT.2021-11

7) ***اختبار الإبصار–07*: الإبصار التجسيمي الدينامي (اختبار الصورة المجسمة بنقاط عشوائية دينامية)**

يختبر القدرة على إدراك العمق في صور مجسمة بنقاط عشوائية متحركة. ويستطيع المشاهدون ذوو الإبصار العادي إدراك شكل مستطيل وحركة عمق جيبية في الصورة المجسمة بنقاط عشوائية متحركة.

الشكل 18

مخطط اختبار الإبصار–07



الصورة اليسرى الصورة اليمنى

BT.2021-12

8) ***اختبار الإبصار–08*: حدة الازدواج البصري (اختبار الحدة)**

يختبر حدة الازدواج البصري مع دمج الازدواج البصري، بما في ذلك أي خلل في توازن حدة الإبصار الأحادي قد يحول دون الإبصار التجسيمي الجيد. تضم الصورتين أربعة أعمدة وخمسة سطور تتألف من حروف E متنوعة الاتجاه والحجم. ويمكن رؤية العمودين الأوسطين بكلا العينين، بينما لا يرى عمودا اليسار إلا بالعين اليسرى ولا يرى عمودا اليمين إلا بالعين اليمنى. ويستطيع المشاهدون ذوو الإبصار العادي تمييز اتجاه حروف E بشكل صحيح. وتناظر أحجام الحروف درجات حدة 1,0 و0,5 و0,33 و0,25 و0,125 عند 3 × *الارتفاع*.

الشكل 19

مخطط اختبار الإبصار–08

الصورة اليسرى الصورة اليمنى

BT.2021-13

9 و10) ***اختبار الإبصار–09*: الحول الأفقي (اختبار مادوكس الأفقي) و*اختبار الإبصار–10*: الحول الرأسي (اختبار مادوكس الرأسي)**

يقيس هذان المخططان الانحراف الأفقي والرأسي في العين. ويتخذ المحوران الرأسيان موضعاً نسبياً من بعضهما البعض يختلف عن الموضع الذي تتطلبه الظروف الفسيولوجية. وتتكون الصورتان من خط رأسي وآخر أفقي. ويستطيع المشاهدون ذوو الإبصار العادي تمييز نقطة تقاطع الخطين في مركز الخطين. ووحدات الأرقام هي الديوبتر المنشوري مع تحديد المسافة بين الحدقتين = 65 mm عند 3,02 × الارتفاع.

الشكل 20

مخطط اختبار الإبصار–09

BT.2021-14

الشكل 21

مخطط اختبار الإبصار–10

BT.2021-15

11) ***اختبار الإبصار–11*: تفاوت الصورتين (اختبار حروف "[ ]")**

حالة تسبب اختلاف في صورة كائن المبصرة بإحدى العينين عن الأخرى حجماً وشكلاً. وتتكون الصورة اليسرى من الحرفين "[o" بينما تتكون اليمنى من الحرفين "o]" مع اشتراكهما في موضع حرف "o" ويستطيع المشاهدون ذوو الإبصار العادي تمييز حرفي "[" و"]" بنفس الحجم ونفس الارتفاع.

الشكل 22

مخطط اختبار الإبصار–11

BT.2021-16

12) ***اختبار الإبصار–12*: الاحولال التدويري (اختبار الساعة)**

انحراف إحدى العينين حول المحور الأمامي الخلفي فقط عند تغطيتها ومنع الدمج. وتتكون الصورة اليسرى من وجه ساعة بينما تتكون اليمنى من عقربي ساعة في موضع الساعة السادسة. ويستطيع المشاهدون ذوو الإبصار العادي تمييز الساعة مشيرة إلى تمام السادسة.

الشكل 23

مخطط اختبار الإبصار–12

BT.2021-17