

دراسة المواصفات والإعتبارات الفنية للكاميرا المستخدمة لإنتاج محتوى الواقع الافتراضي السينمائي

Studying the specifications and technical considerations for cameras used in producing cinematic virtual reality content

أ.د/ خالد على عويس

أستاذ بقسم الفوتوغرافيا والسينما والتلفزيون كلية الفنون التطبيقية – جامعة حلوان

Prof. Dr.Khaled Ali ewis

Professor at the Department of Photography, Cinema, and Television -Faculty of Applied Arts - Helwan University

khaledewis@yahoo.com

م.د/ ماجد سعيد ابراهيم

مدرس بقسم الفوتوغرافيا والسينما والتلفزيون، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان

Dr. Maged Saeed Ibrahim

Lecturer at the Department of Photography, Cinema and Television, Faculty of Applied Arts - Helwan University

magedsaeed@a-arts.helwan.edu.eg

الباحث/ مصطفى خالد أحمد عبد الهادي الديب

قسم الفوتوغرافيا والسينما والتلفزيون، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان

Researcher. Mostafa Khaled Ahmed abdelhady Eldeeb

Department of Photography, Cinema and Television, Faculty of Applied Arts - Helwan University

Mostafa169@a-arts.helwan.edu.eg

ملخص البحث:

يُعدّ الواقع الافتراضي السينمائي تقنية ثورية تُحدث ثورة في طريقة استهلاكنا للمحتوى فمع انتشار سماعات نظارات الرأس الخاصة بعرض محتوى الواقع الافتراضي السينمائي كمقاطع الفيديو 360° والأفلام 360° وحاجة المستخدمين إلى هذا النوع من المحتوى الذي يستطيع غمر المشاهد وتحقيق أعلى درجة من الانغماس والواقعية والتواجد الفعلي في هذه البيئة ويتطلب هذا المحتوى جودة عالية ومراعاة بعض الاعتبارات والمواصفات الفنية لإنتاجه، ويختلف محتوى الواقع الافتراضي السينمائي عن المحتوى 360 درجة التقليدي في العديد من النقاط أهمها طريقة العرض فالمشاهد يرى المحتوى 360 درجة التقليدي على شاشة مسطحة كأجهزة الهاتف وأجهزة الكمبيوتر ويستطيع رؤية ما حوله من خلال استخدام عناصر التحكم الموجودة كمؤشر الماوس أو باللمس فهو يرى جزء فقط من المحتوى أما في نظارات الواقع الافتراضي فالمشاهد يرى ما حوله حسب مجال الرؤية الخاص بالنظارة وحينما ينظر في أى اتجاه يرى جزء من المشهد وينغمس فيما يراه، وهذا يتطلب دراسة المواصفات والإعتبارات الفنية للكاميرا المستخدمة لإنتاج محتوى الواقع الافتراضي السينمائي كاستخدام كاميرا تحقق أعلى جودة للمحتوى وتعطى مدى ديناميكي ومعدل كادرت عالي وهي عناصر تؤثر في جماليات الصورة ، سواء كانت كاميرا تنتج التصوير بمجال رؤية 180 درجة وهي كاميرا بها عدستين بجوار بعضهم البعض والمسافة بينهم تشبه المسافة بين عيني الانسان لإنشاء تأثير ثلاثي الأبعاد 3D، وأيضاً كاميرا التصوير 360 درجة التي تنتج التصوير ثنائي الأبعاد 2D والتصوير المجسم ثلاثي الأبعاد 3D وقد تكون مكونة من عدد 2 كاميرا وقد تصل إلى

42 كاميرا ويفضل أن تستطيع الكاميرا تجميع الفيديوها الناتجة منها تلقائياً ليسهل استخدامها وبثها مباشرة حين الحاجة وإنتاج هذا النوع من المحتوى بهذه المواصفات يفتح آفاقاً جديدة لمجالات مختلفة كالتعليم والترفيه والتسويق والتدريب وغيرها.

الكلمات المفتاحية:

Abstract:

Cinematic virtual reality (VR) is a revolutionary technology that is transforming the way we consume content. With the widespread adoption of headsets designed to display cinematic VR content, such as 360° videos and 360° films, there is a growing demand for this type of immersive content that can deeply engage viewers, offering the highest levels of immersion, realism, and a sense of presence in the environment. Producing such content requires high quality and consideration of certain technical specifications, Cinematic VR content differs from traditional 360-degree content in several key ways, particularly in terms of display. Viewers watch traditional 360-degree content on flat screens like those of phones and computers, navigating the surroundings using control elements such as a mouse pointer or touch, thereby seeing only a portion of the content at a time. In contrast, VR headsets provide a field of view that encompasses what the viewer looks at in any direction, immersing them in the scene as they move their head, thus enhancing the experience, This necessitates a study of the specifications and technical considerations for cameras used in producing cinematic VR content. Key factors include using a camera that achieves the highest quality, offers a wide dynamic range, and a high frame rate, elements that significantly influence the aesthetic quality of the image. Cameras may feature a field of view of 180 degrees, with two lenses positioned next to each other at a distance similar to the space between human eyes, creating a 3D effect. There are also 360-degree cameras that can capture in both 2D and 3D, ranging from setups with 2 cameras to as many as 42 cameras, It is preferable for the camera to automatically stitch the resulting videos together, simplifying usage and allowing for direct broadcasting when needed. Producing content of this caliber opens new horizons in various fields such as education, entertainment, marketing, and training.

Keywords:

مشكلة البحث:

تتحدد مشكلة البحث في وجود محتوى للواقع الافتراضي السينمائي كمقاطع الفيديو 360° والأفلام 360° لا تحقق معايير الجودة المطلوبة له، لذا يتطلب الأمر دراسة المواصفات والاعتبارات الفنية للكاميرا المستخدمة لإنتاج محتوى الواقع الافتراضي السينمائي بجودة عالية لتحقيق أعلى درجة من الانغماس في المحتوى والإحساس بالتجربة، ويمكن صياغة مشكلة البحث في السؤال الرئيس التالي:

– ماهي المواصفات والاعتبارات الفنية للكاميرا المستخدمة لإنتاج محتوى الواقع الافتراضي السينمائي؟

وينبثق من السؤال الرئيس مجموعة من التساؤلات وهي:

- 1- ماهو الاختلاف بين الواقع الافتراضي السينمائي والواقع الافتراضي التفاعلي؟
- 2- هل هناك اختلاف بين الواقع الافتراضي 360 والفيديو 360 درجة؟
- 3- ماهي أنواع الكاميرات المستخدمة في إنتاج محتوى الواقع الافتراضي السينمائي؟
- 4- ماهي الاعتبارات التي يجب مراعاتها لاختيار كاميرا الواقع الافتراضي السينمائي؟
- 5- ماهي المواصفات الفنية للكاميرا الواقع الافتراضي السينمائي؟

أهمية البحث:

- 1- ندرة الدراسات التي تتناول معرفة المواصفات والاعتبارات الفنية للكاميرا المستخدمة لإنتاج محتوى الواقع الافتراضي السينمائي بجودة عالية لتحقيق أعلى درجة من الانغماس.
- 2- استفادة المتخصصين والتخصص بدراسة الواقع الافتراضي السينمائي والمواصفات والاعتبارات الفنية للكاميرا المستخدمة في إنتاجه.

منهج البحث:

- يتبع البحث المنهج الوصفي التحليلي القائم على وصف وتحليل المواصفات والإعتبارات الفنية للكاميرا المستخدمة لإنتاج محتوى الواقع الافتراضي السينمائي.

هدف البحث:

- دراسة المواصفات والإعتبارات الفنية للكاميرا المستخدمة لإنتاج محتوى الواقع الافتراضي السينمائي كمقاطع الفيديو والأفلام 360 درجة بجودة عالية تحقق أعلى درجة من الانغماس في المحتوى والإحساس بالتجربة.

حدود البحث:

- 1- حدود موضوعية: دراسة المواصفات والإعتبارات الفنية للكاميرا المستخدمة لإنتاج محتوى الواقع الافتراضي السينمائي.
- 2- حدود زمنية: في آخر عشر سنوات.

مصطلحات البحث:

- Immersive : يشير إلى تجربة واقع افتراضي تجعل المستخدم يشعر كما لو كان مغموراً في البيئة الافتراضية حيث يشعر بالانغماس الكامل في العالم الافتراضي المتفاعل من خلال استخدام نظارات الواقع الافتراضي.
- HMD: اختصار يشير إلى "Head Mounted Display" وهي الأجهزة التي يتم تركيبها على الرأس مثل نظارات الواقع الافتراضي التي تسمح للمستخدم برؤية البيئة الافتراضية والاندماج بها.
- Stitching : يمكن ترجمتها إلى (دمج - تجميع - خياطة) وتشير إلى عملية دمج الصور أو الفيديو الملتقطة من عدة كاميرات مختلفة لإنشاء صورة أو فيديو بانورامي متكامل لمحتوى الواقع الافتراضي السينمائي.

- HFR: اختصار يشير إلى "High Frame Rate" وهو عدد /معدل الإطارات التي يتم عرضها في الثانية الواحدة في الفيديو أو السينما وكلما زاد هذا المعدل يعطي تجربة عرض أكثر سلاسة وواقعية.
- Stereo shooting: تشير إلى عملية تصوير تستخدم فيها كاميرتين أو أكثر لالتقاط صورتين لكل منهما منظوراً مختلفاً من نفس اللقطة تستخدم فيما بعد لإنشاء تأثير العمق ثلاثي الأبعاد (3D).
- FOV: هي اختصار لـ "Field of View" أو "حقل الرؤية" يُشير هذا المصطلح للزاوية الكلية للمنظر الذي يمكن للمستخدم رؤيته داخل النظام، سواء كانت هذه الرؤية عبر شاشة عرض أو نظارات الواقع الافتراضي.

(1-1) الواقع الافتراضي السينمائي والواقع الافتراضي التفاعلي

Cinematic VR and Interactive VR:

الواقع الافتراضي من التقنيات الحديثة التي يستخدم فيها أجهزة تكنولوجية لإنتاج بيئة مصطنعة حية تخيلية باستخدام البعد الثالث والتجسيم الذي يحول المخرجات إلى نماذج تكافئ الواقع وتجبر المتعلم على التفاعل معها وكأنه منغمس ومتفاعل في بيئة الواقع ذاته مستخدماً كل حواسه. (م1- ص30).

ودائماً ما يربط الجمهور بين الواقع الافتراضي والألعاب فقط ولكن الألعاب جزء فقط من هذا المجال حيث يمكن استخدامه في العديد من المجالات الأخرى كالتعليم والتدريب والمحاكاة وغيرها وينقسم الواقع الافتراضي إلى فئتين:

1- الواقع الافتراضي السينمائي أقرب إلى صناعة الأفلام من الألعاب حيث ينغمس المشاركون في مجال 360 درجة والتفاعل الوحيد لديهم هو النظر حولهم فهو يشبه رواية القصص التقليدية، حيث يُدعى الجمهور إلى "الجلوس والاسترخاء" ومشاهدة القصة التي تُروى ويحاول المخرجين إنشاء تجربة يشعر فيها الزائر بأنه جزء من القصة، وليس مجرد مشاهدتها.

2- أما الواقع الافتراضي التفاعلي أقرب للألعاب أكثر من الأفلام حيث يمكن للمشاركين أحياناً التفاعل مع الأشياء والشخصيات واختيار النتائج المختلفة للموقف والتحرك بحرية في البيئة أي للجمهور دور أكثر نشاطاً.

وفى الواقع الافتراضي التفاعلي يتم الاعتماد على البرامج الرقمية ثلاثية الأبعاد التي تستطيع بناء بيئات تفاعلية يمكن للمستخدمين التفاعل مع العناصر الموجودة في هذه البيئات بطرق مختلفة، وبرامج التصميم ثلاثية الأبعاد مثل Autodesk Maya، Blender، و Cinema 4D التي تتيح للمصممين إنشاء مجسمات ثلاثية الأبعاد دقيقة وواقعية ويمكن تحريك وتكوين هذه المجسمات بحرية، وادوات التطوير مثل Unity و Unreal التي تعمل على بناء مشاهد وبيئات الواقع الافتراضي. (م2 - ص4:3)

(2-1) الاختلاف بين الواقع الافتراضي والفيديو 360 درجة:

تقنية الفيديو 360 درجة هي تقنية تصوير وعرض تسمح بتسجيل فيديو بشكل كروي بزوايا 360 درجة وتتيح فرصة مشاهدة الفيديو من كل زوايا التسجيل فيمكننا رؤية الموضوع الذي يتم تصويره وما يحدث في جميع الجوانب جهة اليسار واليمين وخلف الكاميرا باستخدام عناصر التحكم الموجودة على جهاز الكمبيوتر لعرض مقاطع فيديو 360 درجة فهي تحقق قدر من الانغماس للمستخدم يشعر بأنه في نفس مكان التصوير، ويوجد تشابه كبير بين تقنية "الواقع الافتراضي"

و"الفديو 360 درجة" فهم يتشبهان في نفس التكنولوجيا إلا أن هناك اختلافات كبيرة بينهم يمكن تحديد نقاط الاختلاف

كالتالي:

1- طريقة التصوير shooting technique:

أ- في الواقع الافتراضي تكون بيئة الواقع الافتراضي إما تم تصويرها بتقنية 360 درجة ويتم مشاهدته من خلال نظارة الواقع الافتراضي أو تم إنشاؤها رقمياً كبيئة افتراضية ويقوم فريق من المحترفين بإنشاء هذه البيئة بجميع شخصياتها وعناصرها عن طريق برامج تصميم الجرافيك المختلفة ويتفاعل معها المستخدم من خلال ملحقات الواقع الافتراضي.

ب- في الفيديو بتقنية 360 درجة يتم التقاطه من مشهد واقعي بمعنى أنه يتم تصوير الموضوع في بيئته ولا يتم بنائه رقمياً كبيئة افتراضية فهي فيديوهات حقيقية في أماكن حقيقية، ويمكن عرضها من خلال الشاشات المسطحة كأجهزة الكمبيوتر والأجهزة اللوحية والهواتف.

2- حرية التنقل Freedom of movement:

أ- في الواقع الافتراضي يمكن للمستخدم الحركة والتنقل بسهولة في المشهد إذا أُتيح له ذلك الذي يراه حيث يتمتع المشاهد بالقدرة على المشي في أي مكان واستكشاف المزيد في المشهد بسهولة فهو مشارك نشط يمكنه المشاركة في أي شيء يحدث في المشهد، فيكون الفرد أكثر تفاعلية مع المحتوى ويشارك في النشاطات المعروضة مشاركة فعالة من خلال حرية الإبحار والتجول والتفاعل وهذه البيانات تقدم امتداداً للخبرات الواقعية مع إتاحة درجات مختلفة من التعامل والأداء للمهام المطلوب إنجازها. (م3 - ص21)

ب- في الفيديو بزوايا 360 فالمخرج له التحكم الكامل في المحتوى الذي يراه المشاهد فلن يتمكن من رؤية إلا ما يقرر المخرج عرضه فاختيار موضع الكاميرا وحركتها يحددان مجال الرؤية وايضاً لا يمكن للمستخدمين التنقل داخل الفيديو ولا يمكنهم التفاعل مباشرة مع أي كائنات بداخله ولا يمكنهم التقاط أو دفع أو تحريك الأشياء. (م4)

3- الخط الزمني Timeline:

أ- ويقصد به الاتجاه الرئيسي لسير المحتوى أثناء العرض ففي الواقع الافتراضي يمكن أن يكون الجدول الزمني لا نهاية له حيث يمكن إنشاء سلسلة من الأحداث أو التجارب المختلفة وتغيير الطريقة التي يتقدم بها الخط الزمني على اختيارات المستخدم ويظهر هذا بوضوح في الواقع الافتراضي التفاعلي كألعاب الفيديو لإبقاء اللاعب منجذب للأحداث.

ب- في فيديو 360 درجة يتقدم الخط الزمني بناءً على ما صوره صانع الفيلم ولا يتدخل فيه المستخدم فالمشاهدون يتابعون الأحداث بناءً على السيناريو ليس لديهم تأثير على توجيه الكاميرا أو تغيير الزوايا، هذا النهج يتيح إخراج قصة محددة توجه انتباه المشاهدين نحو الجوانب الرئيسية للتجربة.

4- ملحقات التشغيل Operating accessories:

أ- الواقع الافتراضي يتطلب أجهزة وملحقات للرؤية والتفاعل في البيئات الخاصة به مثل سماعات الرأس HMD (Google cardboard-Samsung Gear VR- Meta Quest- Vive HTC) وأجهزة التحكم كوحدات التحكم باليد وأجهزة تتبع حركة الجسم واليد فيمكن للشخص أن يلمس الأشياء ويحركها باستخدام قفازات البيانات Data Glove التي توفر للحاسوب بيانات حول موقع اليد في الفراغ وحركتها. (م5-ص121)

ب- فيديو 360 درجة أسهل استخداماً حيث يمكن الوصول إلى الفيديو من أي جهاز يوفر إمكانات عرض ومتوافق مع الفيديوها بنطاق 360 درجة مثل منصات YouTube 360 وFacebook 360.

5- المحتوى / القصة Content/story:

أ- يعد إنشاء المحتوى والقصة للواقع الافتراضي أكثر عمقاً لأن المخرج لا يتحكم في منظور واحد فقط لما يراه المشاهد بل أكثر من منظور (أي خطوط زمنية مختلفة) فعليه التأكد من أن كل جانب مصمم بشكل مثالي لجذب انتباه الجمهور وإثارة إعجابهم لتحقيق الانغماس.

ب- الفيديو بزوايا 360 درجة تكون القصة أو المحتوى ذي مسار واحد فقط سرد قصه بشكل تسلسلي في اتجاه واحد فيكون للمخرج تحكم كامل فيما يمكن للمشاهدين رؤيته.

هناك اختلاف بين مصطلحات "الواقع الافتراضي" و"فيديو 360 درجة" ولكن الفرق البسيط والواضح بينهم هو الاختلاف في طريقة العرض، فالواقع الافتراضي يتم مشاهدته المحتوى في سماعة رأس VR headset أما الفيديو 360 درجة يتم مشاهدته على شاشة مسطحة، وهذا يعنى أن نفس المحتوى يمكن أن يكون VR و360 درجة اعتماداً على النظام الأساسي المستخدم لعرضه.



صورة (1) توضح الاختلاف في طريقة العرض بين الواقع الافتراضي والفيديو 360 درجة

(3-1) أنواع كاميرات الواقع الافتراضي VR:

هناك العديد من الكاميرات المستخدمة في إنتاج محتوى الواقع الافتراضي السينمائي وتختلف باختلاف خصائصها الفنية ويتم اختيارها طبقاً لرؤية مدير التصوير والميزانية والجودة المطلوبة كما في التصوير التقليدي للسينما والتلفزيون ويوجد نوعين أساسيان للكاميرات المستخدمة في إنشاء محتوى الواقع الافتراضي وهما:

أولاً: كاميرا التصوير 180 درجة التي تتيح التصوير بزوايا 180 درجة ثنائي الأبعاد 2D أو التصوير المجسم ثلاثي الأبعاد 3D، وهي عبارة عن كاميرا بها عدستين بجوار بعضهما البعض والمسافة بينهما تشبه المسافة بين عيني الإنسان **مثلاً:**

1- كاميرا Canon R5 C + RF5.2mm F2.8 L Dual Fisheye Lens:

كاميرا Canon EOS R5C هي واحدة من أفضل كاميرات الواقع الافتراضي السينمائي 180 درجة فهي أداة رائعة لإنتاج محتوى 180 درجة عالي الجودة 8K وبمعدل إطارات 60 إطاراً في الثانية، تدعم الكاميرا عدسة بصرية مزدوجة تلتقط لقطات استريو بزوايا 180 درجة من خلال مستشعر واحد وهذا جزء من نظام EOS VR الجديد والمثير لشركة Canon والذي يتضمن برامج جديدة تمكن الكاميرا من دعم برامج ما بعد المعالجة، وعدسة عين السمكة المزدوجة RF5.2mm F2.8 L Dual Fisheye تلتقط كلا المنظرين على مستشعر الصورة الفردي في الكاميرا فهي تبسط إلى حد كبير عملية التقاط صور بزوايا 180 درجة حيث سيكون لكلا العرضين محاذاة ولون ومعايرة وتركيز ومزامنة متطابقة تماماً مما يزيل التعقيدات التي تأتي مع استخدام كاميرتين مختلفتين. (م6)



صورة (2) كاميرا Canon R5 C + RF5.2mm F2.8 L Dual Fisheye Lens

2- كاميرا TECHE 3D180VR:

هي كاميرا تصوير فائقة الدقة تهدف إلى إنشاء تجارب واقع افتراضي سينمائي ممتازة تم تصميمها خصيصاً لإلتقاط الفيديو بزوايا 180 ° بزوايا أفقية و 90 ° بزوايا رأسية مما يوفر للمستخدمين مجال رؤية واسعاً وشعوراً بالحضور الحقيقي في بيئة الواقع الافتراضي، تقدم كاميرا TECHE 3D180VR صوراً حقيقية وناضجة بالحياة بدقة 8K وهي أداة مثالية لتصوير وبث الفيديو ثلاثي الأبعاد VR 180 لمنصتين في نفس الوقت، مجهزة بمستشعرين من سوني مقاس 1 بوصة مع تقنية تصحيح التشوه ERP داخل الكاميرا. (م7)



صورة (3) كاميرا TECHE 3D180VR

3- كاميرا CalfVR:

كاميرا CalfVR هي كاميرا واقع افتراضي سينمائي قادرة على تصوير فيديو 180 درجة بدقة 6K و 50 إطاراً في الثانية متوافقة مع معظم البرامج والملحقات، إنها طريقة جيدة لاختبار إنشاء محتوى الواقع الافتراضي السينمائي، تستخدم الكاميرا تقنية التصوير ستيريو لإنشاء تأثير ثلاثي الأبعاد واقعي وتدعم الكاميرا البث المباشر بدقة 5.7K مما يسمح للمستخدمين بمشاركة تجارب VR مع الآخرين في الوقت الفعلي مدمج معها برنامج للدمج بسهولة مما يوفر للمستخدمين طريقة سريعة وسهلة لإنشاء مقاطع فيديو VR كاملة. (م8)



صورة (4) كاميرا CalfVR

4- كاميرا LucidCam Stereoscopic 3D:

تتميز كاميرا Lucid Stereoscope 3D باحتوائها على عدسات مزدوجة ذات طول بؤري ثابت 1.9م مما يتيح إنشاء صور ثابتة ثلاثية الأبعاد بدقة 4K أو فيديو بدقة 2K تتميز الكاميرا بزر واحد يتيح التحكم في التقاط الصور الثابتة والفيديو بالإضافة إلى إعدادات الكاميرا، توفر الميكروفونات المزدوجة صوتاً استريو، مما يعزز الشعور ثلاثي الأبعاد للفيديو. يمكنك الاتصال بخدمة البث المباشر ويمكن عرض اللقطات جهاز IOS أو Android عن طريق تنزيل التطبيقات المتوافقة. (م9)



صورة (5) LucidCam Stereoscopic 3D

ثانياً: كاميرا التصوير 360 درجة تتيح التصوير بزاوية 360 درجة ثنائي الأبعاد 2D والتصوير المجسم ثلاثي الأبعاد 3D، وقد تكون مكونة من عدد 2 كاميرا مثل كاميرا Insta360 One RS، وقد تصل إلى 42 كاميرا مثل EYE Professional VR Camera وهي عبارة عن كاميرا بها العديد من الكاميرات المدمجة مصفوفة جنباً إلى جنب في شكل دائري أو كروي **أمثلة:**

1- كاميرا Insta360 Pro II Spherical VR 360 8K Camera:

تلتقط كاميرا Insta360 Pro II VR مقاطع فيديو VR وصور ثابتة بزاوية 360 درجة بتكوينات تصل إلى 8K 3D تسجيل فيديو غامر بدقة 8K والبث بدقة 4K وبها نظام تثبيت للصورة FlowState دقيق ذي 9 محاور، ومراقبة CrystalView التي تعمل على تحويل لقطات الواقع الافتراضي بدقة 8K للعرض على سماعات الرأس والهواتف الذكية أو الشاشات القياسية، يمكن توفير الوقت والمعالجة بفضل قدرتها على إنشاء الملفات والدمج الفوري والتحرير في الوقت الفعلي في Adobe Premiere Pro، تسجل الصوت عبر أربعة ميكروفونات مدمجة ومدخل ميكروفون مقاس 3.5 ملم، وتحتوي الكاميرا على ست عدسات عين سمكة بزاوية 200 درجة (قابلة للتحديد فيمكن استخدام الستة جميعاً أو أقل)، توفر وظيفة HDR إضاءة ذات مظهر طبيعي حتى في إعدادات الإضاءة غير المتساوية تتوفر معدلات

إطارات عالية السرعة تصل إلى 120 إطاراً في الثانية، توفر وحدة GPS المدمجة بيانات لخرائط Google Maps Street View وتطبيقات رسم الخرائط الدقيقة الأخرى. (م10)



صورة (6) كاميرا Insta360 Pro II Spherical VR 360 8K Camera

2- كاميرا Z CAM S1 6K Professional:

تستخدم كاميرا S1 Professional VR المدمجة من Z CAM أربعة مستشعرات صور CMOS من سوني لالتقاط فيديو VR كروي عالي الجودة بمعدل 6K /30FPS أو 4K /60FPS وتتيح استخدام برامج WonderLive وWonderStitch المضمنة من Z CAM للربط المباشر والدمج دون الاتصال بالإنترنت لصور مستطيلة متساوية بدقة 4K/60FPS، تم تصميم كل عدسة من عدسات عين السمكة الأربع باستخدام بصريات احترافية مكونة من 10 طبقات، مما يقلل من التشوه، توفر المستشعرات الأربعة المدمجة في S1 وظائف تعريض تلقائي وتوازن اللون الأبيض بشكل دقيق تضمن أجهزة Z CAM Sync المدمجة التسجيل المتزامن، كما تتيح Z-Log gamma لضبط الصورة وتصحيح الألوان. (م11)



صورة (7) كاميرا Z CAM S1 6K Professional

3- كاميرا Lappano Pilot Era 8K 360 Camera:

قم بتسجيل فيديو 360 درجة عالي الجودة وقم ببثه مباشرة باستخدام كاميرا Pilot Era 8K 360 من Lappano، يمكن لـ Pilot Era التقاط وبث ما يصل إلى دقة تصل إلى 4K/24FPS ودقة تصل إلى 4K/30FPS، تتميز

بوظائف احترافية مثل الدمج التلقائي من خلال الكاميرا في الوقت الفعلي، والفواصل الزمني، وتثبيت الصورة PilotSteady ذو 9 محاور، وHDR، وتحديد المواقع بدقة عبر نظام تحديد المواقع العالمي (GPS)، ومستشعر الجاذبية، ومستشعر جيروسكوبي، ومستشعر مغناطيسي تتميز العدسة بمجال رؤية 185 درجة وفتحة عدسة f/2.28، مما يسمح لك بالتقاط قطر واسع حول الكاميرا للحصول على رؤية 360 درجة للمنطقة المحيطة، يمكن لـ Pilot Era البث المباشر لفديو 360 درجة بجودة 8K/24FPS على منصات البث المباشر. (م12)



صورة (8) كاميرا Lappano Pilot Era 8K 360 Camera

4- كاميرا Kandao Obsidian R Professional 3D 360° VR Camera:

تستطيع الكاميرا إعطاء عرض بانورامي مجسم فتلتقط الفيديو إما بجودة 8K/3D أو 2D VR ويمكن تسجيل عروض غامرة ثلاثية الأبعاد بدقة 8K/30FPS أو 4K/60FPS ويمكن البث المباشر بدقة 4K تسجيل كل عدسة من عدسات Obsidian R الست زاوية 185 درجة وفتحة عدسة f/2.8، وتحتوى على ستة ميكروفونات للصوت والسينسور الخاص بها من نوع CMOS بدقة 12 ميجا بكسل، ومدى ديناميكي 10 وقفات. (م13)



صورة (9) كاميرا Kandao Obsidian R Professional 3D 360° VR Camera

5- كاميرا EYE Professional VR Camera:

هي من أفضل كاميرات الواقع الافتراضي السينمائي لالتقاط المحتوى بدقة مذهلة وتتكون من حزمة كاملة ثلاثية المحاور بها 42 كاميرا Blackmagic Micro Cinema، و42 عدسة Rokinon، وحامل ثلاثي القوائم Sachtler عالي

التحمل، ورمز زمني GPS، و42 مزامنة للكاميرا (genlock)، ومراقبة لاسلكية، وجهاز تحكم عن بعد لاسلكي التحكم. (م14)



صورة (10) كاميرا EYE Professional VR Camera

(4-1) الاعتبارات التي يجب مراعاتها لاختيار كاميرا الواقع الافتراضي السينمائي:

هناك العديد من الاعتبارات الهامة التي يجب مراعاتها لاختيار الكاميرا المناسبة لتصوير موضوعات الواقع

الافتراضي وهي:

- 1- **التصوير ثنائي الأبعاد 2D أم ثلاثي الأبعاد 3D** حيث تتيح جميع كاميرات التصوير 180 درجة التصوير ثلاثي الأبعاد والتي تبدو رائعة عند عرضها في سماعات الرأس VR بينما عدد قليل من الكاميرات 360 درجة يمكنها التصوير ثلاثي الأبعاد وذات تكلفة عالية.
- 2- **الجودة المطلوبة Resolution** للعمل 2K,4k,8K,12K حيث تتيح كاميرات الواقع الافتراضي جودة تصوير عالية لكن يجب ملاحظة ان جودة الفيديو الناتجة من كاميرا 180 درجة أعلى مقارنة بالتصوير في 360 لان الكاميرا التي تصور بدقة 4K بزاوية 180 درجة ستعرض عدد البيكسلات على هذه المساحة بينما الكاميرا 360 ستعرضها على ضعف المساحة لذا عند التصوير بكاميرا 360 يجب أن تكون ذات جودة عالية.
- 3- **مقدار الانغماس immersion** تتحدد السمة الرئيسية للواقع الافتراضي في إنشاء عالم يبدو واقعياً من خلال قنوات حسية متعددة مما يساهم في الشعور بالانغماس وهو الاحساس بالتجربة الذي يريد أن يحققه مخرج العمل، يحقق التصوير 360 درجة انغماس بدرجة أكبر بكثير من التصوير 180 درجة لأنه يعطي حرية كاملة للمشاهد في التحرك داخل المحتوى بكل سهوله في جميع الزوايا بينما في التصوير 180 درجة لا يستطيع أن يرى كل ما يحيط بالكاميرا أي لا يرى سوى المساحة التي امامه فقط. (م15-ص7)
- 4- **البث المباشر Live broadcast** هل سيتم تسجيل العمل وعرضه فقط أم سيتم بثه مباشرة، تتيح بعض كاميرات الواقع الافتراضي البث المباشر للأحداث وتتم معالجة الصورة داخل الكاميرا وتبث مباشرة أو تعالج على جهاز كمبيوتر ثم يتم بثها.

5- التجميع **Stitching** وهى عملية تجميع الفيديو هات الناتجة من كل كاميرا موجود بجسم الكاميرا، وهى الأكثر تكلفة والأصعب في إنشاء مشروعات الواقع الافتراضى، حيث تختلف تكلفتها ومعالجتها طبقاً لنوع كاميرا التصوير سواء ثنائى الأبعاد أو ثلاثى الأبعاد، وتوجد كاميرات VR تتخطى هذه المراحل وتقوم بعمل stitching تلقائياً.

(5-1) المواصفات الفنية لكاميرا الواقع الافتراضى السينمائى:

وهي المواصفات الفنية التي يختارها المصور لتحقيق الجودة المطلوبة لمحتوى الواقع الافتراضى فهناك العديد من الكاميرات التي يمكن استخدامها في الإنتاج واختيار الكاميرا المناسبة يتم بناءً على المواصفات الفنية الأكثر ملائمة للعمل ومن هذه المواصفات:

(1-5-1) جودة الصورة Resolution:

تعرف العديد من المصادر العلمية درجة جودة الصورة التليفزيونية الرقمية على أنها هي عدد البيكسلات المكونة للصورة، وكلما زاد حجم السينسور وعدد البيكسلات وحجمها زادت معلومات الصورة وبالتالي زادت جودتها 4K,6K,8K والجودة العناصر الرئيسية في الواقع الافتراضى لذا يجب اختيار كاميرا VR ذات جودة عالية يفضل ان لا تقل عن 4K، وتتكون كاميرا الواقع الافتراضى من العديد من الكاميرات المصفوفة بجوار بعضهم في شكل دائرى يتم جمع وتداخل الفيديو هات الناتجة من كل الكاميرات معاً وتحقيق صورة ذات جودة عالية بشكل كروى 360 درجة، "معيار الصناعة اعتباراً من عام 2017 هو تقديم إخراج نهائي بدقة 4K (4096 × 2048) ومن المحتمل أن تصبح دقة الفيديو 8K (7680 × 4320 بكسل) هي المعيار لفيديو VR".

(2-5-1) معدل الإطارات Frame rate:

يفضل أن تكون كاميرات الواقع الافتراضى ذات معدل كادرات أكبر من معدل الكادرات الطبيعي للسينما والتلفزيون أي أكثر من 24 و 25 كادر/ثانية لأن هذا المعدل يسبب ضبابية وتشويش للصورة وبالتالي شعور المستخدم بالدوار وخاصة في التصوير ثلاثى الأبعاد لذا يفضل ان لا يقل عن 48 و 50 كادر في الثانية، وأن يتم العرض بنفس معدل الإطارات وتسمى هذه التقنية بمعدل الإطارات المرتفع (HFR) High frame rate.

(3-5-1) المدى الديناميكي العالى High Dynamic range:

وهو قدرة الكاميرا على رؤية التفاصيل في مناطق الإضاءة العالية ومناطق الإضاءة المنخفضة أى يسمح بتخزين مستويات مختلفة من شدة الإضاءة في الصورة، فالمدى الديناميكي يعبر عن مدى قدرة مستشعر الكاميرا Sensor على قراءة التغير في شدة الإضاءة أي أنه يعبر عن المسافة ما بين اللون الأبيض النقي والأسود النقي وتسمى بعدد الوقفات F-stops 12 وقفة أو 14 أو 16 وقفة وكلما زاد عدد الوقفات زاد المدى الديناميكي وأيضاً كلما زاد حجم بيكسلات السينسور زاد المدى الديناميكي للكاميرا وبالتالي القدرة على إجراء عمليات التصحيح اللوني بحرية كبيرة دون التأثير على جودة الصورة، وفي التصوير للواقع الافتراضى بتقنية 360 درجة يعد المدى الديناميكي من الأمور الهامة لأننا نقوم بالتصوير في ظروف اضاءة وتباين مختلف ولا يتاح استخدام اضاءة وتوزيعها كما في التصوير التقليدي فكل شيء موجود في الصورة.

(4-5-1) تقنية ضغط الفيديو Video Compression:

ويقصد بها مجموعة الأساليب والتقنيات المستخدمة لتقليل حجم ملفات الفيديو دون التأثير على جودة الفيديو بشكل كبير، وتتمثل هذه التقنيات في تحويل الفيديو إلى صيغة ضغط (ترميز) مثل MPEG-4، H.264، H.265، VP9، وتظهر أهمية ضغط الفيديو في العديد من التطبيقات التي تتطلب نقل الفيديو عبر الإنترنت مثل محتوى الواقع الافتراضى السينمائى والتفاعلي، والبث المباشر لمحتوى VR، وتتيح تقنيات ضغط الفيديو (الترميز) في الواقع الافتراضى تحسين تجربة المستخدم بشكل كبير من خلال تخفيض حجم البيانات المرسله وتحسين جودة الصورة والفيديو المعروضة ويتم ذلك

عن طريق إزالة البيانات التي لا تلاحظها العين البشرية أو تكرار بعض الأجزاء المتشابهة في الفيديو، مما يؤدي إلى تحسين سرعة التحميل والتشغيل وتقليل فترات التوقف للفيديو تؤدي للاستمتاع بتجربة واقع افتراضي ذات جودة عالية بشكل أسرع وأكثر فاعلية، لذا يفضل أن تتميز كاميرا VR بتقنية ضغط جيدة تعطي حجم ملف ذو مساحة منخفضة مع الحفاظ على خصائص الصورة من تشبع لوني وتفاصيل ومدى ديناميكي لكي لا تأخذ عمليات تجميع الفيديوهات معاً الكثير من الوقت عن طريق تقنية التجميع Stitching ويسهل مطابقة الصورة لجميع الكاميرات. (م16- ص111:115)

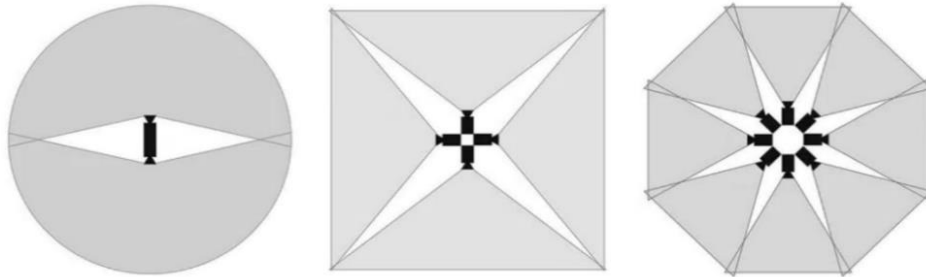
(5-5-1) نظام دعم كاميرا الواقع الافتراضي VR Rig:

عبارة عن جهاز متخصص من إطار معدني أو بلاستيكي يحتوي على مجموعة من الحوامل التي تستخدم لتثبيت الكاميرات اللازمة لالتقاط مقاطع فيديو للواقع الافتراضي بزاوية 360 درجة، ويتم ضبط الكاميرات بدقة لتحقيق توافق الصورة من كل كاميرا بشكل صحيح، مما يضمن الحصول على فيديو بجودة عالية وخالي من التشوهات، وكاميرات الواقع الافتراضي 360 درجة اما ان تكون مدمجة بشكل كامل مثل كاميرا Z-cam S1 أو مجموعة من الكاميرات المتشابهة موضوعه داخل جهاز دعم RIG بشمل منظم ومحسوب بدقة مثل كاميرا Brownian Red Weapon.



صورة (11) نظام دعم كاميرا BROWNIAN Red WEAPON HELIUM 5-WAY 360/VR RIG

يؤثر عدد الكاميرات المدمجة في كاميرا VR بشكل كبير على طريقة تجميع الفيديوهات التي تم تصويرها وتجميعها معاً (Stitching) وكلما قل عدد الكاميرات المدمجة أصبح من السهل تجميع الفيديوهات الناتجة ولكن جودة الصورة تقل فمثلا الكاميرا المصنوعة من 8 كاميرات أصعب في التجميع Stitching من الكاميرا المصنوعة من كامرتين وذات جودة أعلى أربعة اضعاف اذا كان لهم نفس خصائص السينسور.

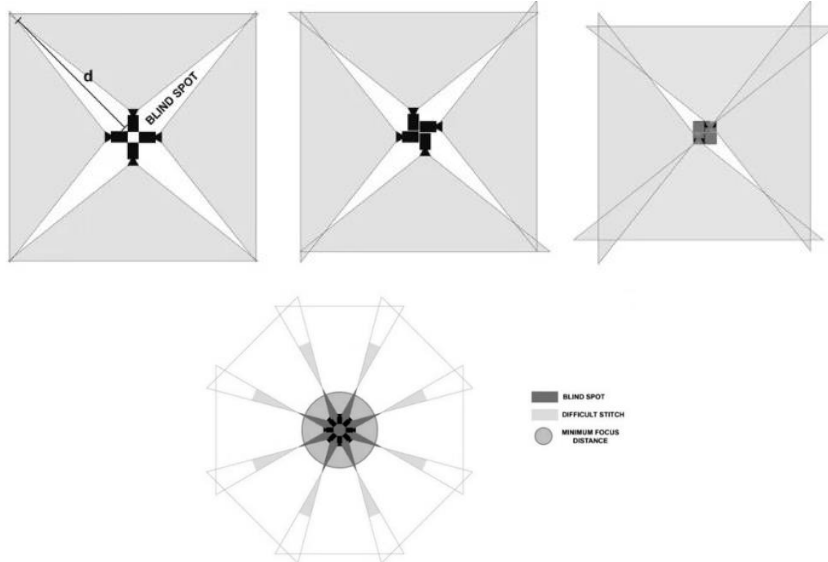




صورة (12) توضح طريقة الدمج بين الكاميرات

(6-5-1) أدنى مسافة مقبولة للكاميرا:

عند استخدام كاميرات VR يفضل أن يكون الموضوع الرئيسي على بعد 60 سم على الأقل من العدسات وإلا سيحدث تشوه شديد للصورة وخاصة في التصوير ثلاثي الأبعاد يظهر الموضوع كصورة مزدوجة عند عرضها مرة أخرى على سماعة الرأس، وايضاً لإعطاء المشاهد المساحة الكافية للرؤية، وفي معظم كاميرات الواقع الافتراضي الحالية، يوصى بعدم اقتراب أي شيء أكثر من 5 أقدام من الكاميرا حول مناطق خط التركيب لا يتم تطبيق الحد الأدنى للمسافة عند الوقوف مباشرة أمام عدسة واحدة ففي هذه الحالة يكون الحد الأدنى لمسافة التركيز البؤري هي العامل المحدد. ونظرًا لتصميم كاميرات الواقع الافتراضي، توجد مناطق عمياء حول خطوط التركيب التي تجمع الفيديو الناتج من كل كاميرا والتي تليها وحيث تتقاطع المحاور البصرية لعدستين متجاورتين فإذا كانت الأشياء أو الممثلين سيعبرون أو يقفون في هذه المناطق، فستظهر اللقطات عند تجمعها وكأنها متراكبة وغير سليمة. لذا كلما تم ضبط الكاميرات بشكل صحيح واختيار الكاميرا المناسبة سيختفي هذا الخطأ ويوضح الشكل كيف يمكن للتكوينات المختلفة أن تقلل من منطقة النقاط العمياء، القاعدة الهامة عند العمل باستخدام كاميرات VR هي تحديد مكان خطوط التركيب وتجنب وضع أي شيء هام بها. (م17-ص13:20)



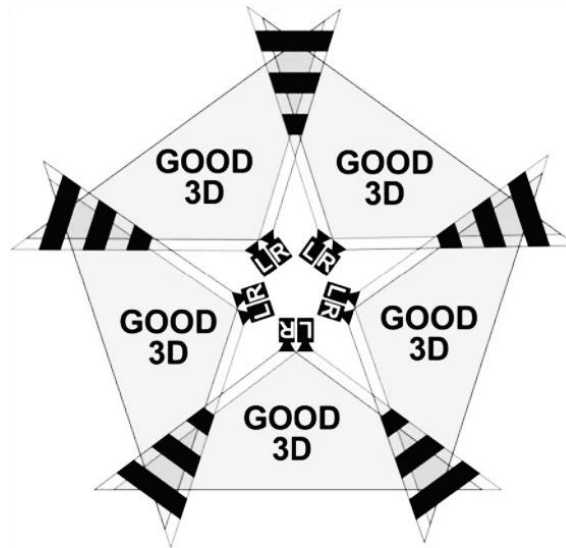
صورة (13) توضح أدنى مسافة مقبولة للكاميرا

(1-5-7) الواقع الافتراضي ثنائي الأبعاد 2D وثلاثي الأبعاد 3D:

أضافت تقنية التصوير والعرض ثلاثي الأبعاد للسينما والتلفزيون الإحساس بالعمق والواقعية وإدراك العمق هو الإدراك البصري للمسافات التفاضلية بين الأشياء التي تقع في خط بصري واحد، وهذا ما يتيح الخروج الوهمي من الشاشة المسطحة ثنائية الأبعاد إلى الرؤية المجسمة ثلاثية الأبعاد، وتقوم تقنية الـ 3D على طريقة عمل المخ البشري العين، فالمسافة بين عيني الإنسان حوالي 6.5 سم، وكل عين تأخذ رؤية من زاوية مختلفة عن الأخرى، لتتولد بذلك صورة فريدة من نوعها، ويقوم المخ بدمج الصورتين لجعلها واحدة، والاختلاف الطفيف بين صورة العين اليمنى وصورة العين اليسرى يترجمه المخ إلى رؤية ثلاثية الأبعاد فتعطى صورة مجسمة للأشياء، ولمحاكاة عمل العين وطريق إنشائها للبعد الثالث، تُستخدم اثنتان من الكاميرات أو كاميرا بعدسة مزدوجة لالتقاط صورتين بزوايا مختلفة كما في عيني الإنسان.

وفي موضوعات الواقع الافتراضي يضيف البعد الثالث انغماساً وتفاعل أكثر واقعية للمستخدم، لكن عند تنفيذه تكون هناك صعوبة أكثر من تنفيذ محتوى الواقع الافتراضي ثنائي الأبعاد بسبب كثرة خطوط التركيب الناتجة من عدستي كاميرا 180 أو عدسات كاميرا 360 حيث يتم تشغيل نوعين مختلفين من المشهد:

- المنظر الأفقي بين كاميرتين في زوج ثلاثي الأبعاد (العين اليسرى والعين اليمنى)
- الاختلاف بين الأزواج المختلفة التي تتكون منها كاميرا VR ينتج عن هذا تشوهات ثلاثية الأبعاد تظهر حول خطوط التركيب عند تجميع جميع الكاميرات اليسرى معاً ثم كل الكاميرات اليمنى معاً إصلاح هذه القطع الأثرية عملية شاقة تتطلب مرور المؤثرات البصرية.

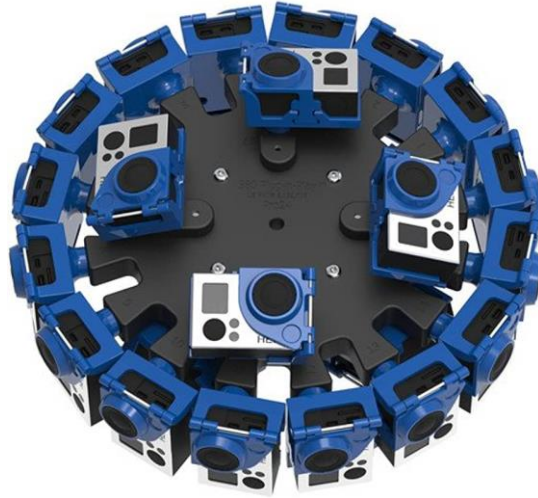


صورة (14) توضح أن كل كاميرا تنتج صورتين وبالتالي تتضاعف خطوط التركيب

لذا يجب أن يختار المصور الكاميرات الاحترافية التي تدعم برامج تركيب جيدة ودقيقة في تجميع الفيديو معاً، وايضاً الضبط الصحيح والمحاذاة بعناية بين الكاميرات من أجل ضمان نتيجة ثلاثية الأبعاد جيدة لا تسبب الإرهاق والتعب لدى المستخدم عند عرضها.

تختار شركات الواقع الافتراضي طريقة مختلفة للحصول على واقع افتراضي ثلاثي الأبعاد باستخدام خوارزميات التدفق البصري وهي أكثر تعقيداً من عمليات التركيب الأخرى ولكنه يقدم نتائج أفضل حيث تحسب الخوارزميات التباين المجسم للعين اليسرى واليمنى بين الكاميرات وتُنشأ طرق عرض جديدة بشكل منفصل للعينين اليمنى واليسرى، وتتميز

أنظمة الواقع الافتراضي التي تستخدم تقنية التدفق الضوئي بكاميرات ذات شكل كروي حيث يتم ترتيب المستشعرات على شكل دائرة، بدلاً من الأزواج اليسرى/اليمنى مثل كاميرا The 360 Orb Bullet360.



صورة (15) توضح كاميرا The 360 Orb Bullet360

(8-5-1) العرض المباشر بتقنية الواقع الافتراضي live view:

مع تطور تقنية الواقع الافتراضي تحتاج بعض شركات وقنوات الإنتاج التلفزيوني إلى عرض أحداث معينة أو افتتاحات كبرى بتقنية البث المباشر للواقع الافتراضي لتوفير تجربة جذابة تحقق الوجود والانغماس للمشاهدين وهم في منازلهم وتستخدم في العديد من التطبيقات مثل الرياضة والحفلات الموسيقية والأخبار والعروض والأحداث الكبيرة مثل الألعاب الأولمبية ومن أمثلة الكاميرات التي تتيح تقنية العرض المباشر بإشارة VR من هذه الكاميرات كاميرا Ozo Nokia و Jaunt One وهي كاميرات احترافية بها خاصية العرض المباشر.



صورة (16) توضح كامرتي Jaunt One/ Ozo Nokia

وتتجه بعض الشركات لاستخدام أجهزة لبث الصورة الناتجة من كاميرا VR ومن هذه الأجهزة التي تقدم عرض مباشر جهاز Teradek sphere الذي يقدم عرض وبث مباشر للإنتاج متعدد الكاميرات بزاوية 360 درجة ومتوافق مع أي كاميرا تحتوي على مخرج HDMI ويقبل ما يصل إلى أربع إشارات إخراج للكاميرا تصل إلى 1080 بكسل بمعدل 30 إطاراً في الثانية، وتُجمع ملفات الفيديو معاً للعرض المباشر على جهاز iPad ولا يحتاج لتركيب اللقطات جهاز كمبيوتر

حيث يمكن تجميعها باستخدام برنامج يعمل بنظام IOS مباشرة، وهذا يسمح بالمراقبة المباشرة للعرض والبث مباشرة إلى أي منصة فيديو 360 درجة متوافقة عبر الإنترنت مثل Wowza و YouTube. (م18)



صورة (17) جهاز Teradek sphere

ومن رواد العرض المباشر بتقنية الواقع الافتراضي شركة NextVR التي قامت بالبث المباشر لشبكة التلفزيون الرياضية Fox Sports مثل رياضة الملاكمة وكرة القدم الأمريكية والجولف، وغطت شبكة NBC Universal أولمبياد ريو في الواقع الافتراضي من خلال تطبيقها NBC Sports لقد قدموا أكثر من 100 ساعة من برمجة الواقع الافتراضي بما في ذلك حفل الافتتاح والختام، ونهائي كرة السلة للرجال والجمباز وغيرها.



صورة (18) توضح عرض مباراة كرة القدم الأمريكية بالواقع الافتراضي

ومن التحديات التي يواجهها البث المباشر للواقع الافتراضي سرعة البث حيث تم تحسين معظم قنوات البث المباشر الآن للحصول على إشارة عالية الدقة تبلغ 1080×1920 بكسل وهي ليست عالية بما يكفي للواقع الافتراضي فalcروض المباشرة تحتاج ان تكون بجودة عالية مثل 4K لكي تكون مقنعة في الواقع الافتراضي لذا تظهر الحاجة الى سرعات البث العالية للبيانات والانتقال الوشيك إلى شبكات 5G * أكثر مما هو عليه مع النقاط وإنتاج VR المباشر.

نتائج البحث:

- 1- تؤثر مواصفات الكاميرا المستخدمة في انتاج الواقع الافتراضي السينمائي في جودة الصورة خصوصا معدل الكادرات و اعلي جودة صورة يمكن انتاجها والمدي الديناميكي وقدرتها على تسجيل الصورة ثنائي الأبعاد أو ثلاثي الأبعاد سواء كان 180 درجة أو 360 درجة.
- 2- استخدام الكاميرات التي لا تقل جودتها عن 4k لتحقيق أعلى جودة مناسبة للعرض على سماعات الرأس الخاصة بالواقع الافتراضي.
- 3- خاصية الدمج الفوري داخل الكاميرا Stitching من اهم مواصفات الكاميرا المؤثرة في انتاج صورة الواقع الافتراضي السينمائي.
- 4- الكاميرات التي تستطيع التصوير بزوايا 360 درجة تحقق أعلى درجة انغماس في المحتوى والإحساس بالتجربة لمشاهد الواقع الافتراضي السينمائي.
- 5- الكاميرات التي يتوافر بها خاصية ضغط الفيديو مع الحفاظ علي جودته اكثر كفاءة في عملية البث المباشرة لصورة الواقع الافتراضي السينمائي.
- 6- ضرورة مراعاة الحد الأدنى للمسافة المقبولة بين الكاميرا والموضوع المُصَوَّر لتجنب حدوث تشوهات في الصورة عند عرضها في سماعات الرأس.

التوصيات والمقترحات:

- 1- ضرورة اجراء المزيد من الدراسات والأبحاث حول تكنولوجيا الواقع الافتراضي السينمائي والأجهزة الخاصة به وتطبيقاتها في المجالات المختلفة لإنتاج محتوى يحقق أعلى درجة من الانغماس للمشاهد وهذا ما يميز تقنية الواقع الافتراضي.
- 2- تكنولوجيا الواقع الافتراضي السينمائي من التقنيات الحديثة التي يتم تطويرها وتطوير أجهزتها بشكل سريع ومحاولة دمج في العديد من التطبيقات المختلفة لذا يجب دمجها في المناهج الدراسية لطلبة قسم الفوتوغرافيا والسينما والتلفزيون.
- 3- عمل دورات تدريبية وورش عمل للطلاب في صناعة محتوى الواقع الافتراضي السينمائي وتدريبهم على انتاج محتوى ذو جودة عالية.
- 4- انتاج محتوى واقع افتراضي سينمائي 180 درجة و 360 درجة بجودة عالية للعديد من الموضوعات المختلفة كالأماكن الأثرية وعناصر التراث الشعبي التي تُميز مجتمعنا وأيضاً التدريب على مهن وصناعات مختلفة حيث يوجد نقص كبير في هذا النوع من المحتوى.

المراجع :

- 1- هيثم عاطف حسن، تكنولوجيا العالم الافتراضي والواقع المعزز في التعليم الفيليم الوثائقي، المركز الأكاديمي العربي، 2018.

2- Celine Tricart, Virtual Reality Filmmaking Techniques & Best Practices for VR Filmmakers, Publisher Routledge, 2017.

- 3- شيرين معتوق الحرازي، الأبعاد الفكرية والتكنولوجية للواقع الافتراضي وفاعليته في الرسم والتصوير-جامعة الملك عبد العزيز، جدة – مجلة الآداب والعلوم الاجتماعية، 2013.
- 4- [/https://www.motive.io/blog/360-video-vs-virtual-reality](https://www.motive.io/blog/360-video-vs-virtual-reality)
- 5- اسامه محمد الحسن، استخدام تقنيات الواقع الافتراضي في تطوير واجهات العرض التلفزيوني، رسالة ماجستير، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا، 2015.
- 6- <https://time.com/collection/best-inventions-2022/6229118/canon-dual-fisheye>
- 7- <https://www.lifepalstore.com/products/teche-3d180vr-camera>
- 8- <https://calfglobal.com/products/calf-3d-vr180-camera>
- 9- <https://www.macworld.com/article/230378/lucidcam-review-stereoscopic-3d-vr-creation-comes-to-the-masses.html>
- 10- <https://www.insta360.com/product/insta360-pro2>
- 11- https://www.bhphotovideo.com/c/product/1381046REG/z_camera_zcams1_s1_pro_cinematic_vr.html
- 12- <https://www.techradar.com/reviews/pilot-era-8k-360-degree-vr-camera>
- 13- <https://www.kandaovr.com/obsidian-go>
- 14- <https://360designs.io/product/eye-vr-camera-full-3-axis-package/>
- 15- Philippe Coiffet, Grigore C. Burdea, Virtual Reality Technology, Publisher Wiley IEEE Press, 2017.
- 16- Madhuri A. Joshi, Mehul S. Raval, Yogesh H. Dandawate, Kalyani R. Joshi, Shilpa P. Metkar, Image and Video Compression, Fundamentals, Techniques, and Applications, Chapman and Hall/CRC, 2014.
- 17- Celine Tricart, Virtual Reality Filmmaking Techniques & Best Practices for VR Filmmakers, Publisher Routledge, 2017.
- 18- <https://www.bhphotovideo.com/c/product/1272814-REG/teradek>

، وتدعم عدد أكبر من الأجهزة 4G هي جيل جديد من تقنية الاتصالات اللاسلكية توفر سرعة اتصال أسرع وأداء أفضل من الجيل السابق * المتصلة بالشبكة في نفس الوقت.