تكنولوجيا التصوير ثلاثى الأبعاد ودورها فى التوثيق التراثى للحضارات الإنسانية وتبادل الثقافات

د. أحمد عبد العظيم محمود

مدرس بقسم الفوتوغرافيا والسينما والتليفزيون–كلية الفنون التطبيقية–جامعة 6 أكتوبر

ملخص البحث :

يستخلص البحث أن التصوير يعتبر ركيزة أساسية وهامة في رصد وتوثيق التراث الخاص بالحضارات المختلفة بجميع مقتنياتها ليصبح شاهدا على العصور المختلفة لتلك الحقب الزمنية كما أن الثورة العلمية والتكنولوجية فى علوم التصوير قدمت لنا أبعاداً جديدة أمكن استخدامها في توسيع نطاق هذه الوسائل فأتاح لنا التصوير إمكانية تسجيل الأحداث بسهولة ويسر ، وكذلك إمكانية إرسالها عبر الأقمار الصناعية في نفس اللحظة ومع تطور تكنولوجيا التصوير وبظهور التصوير المجسم ثلاثى الأبعاد أثرى عملية التوثيق التراثى للحضارات المختلفة ، وذلك بنقل المشاهد وكأنه داخل المقتنيات الأثرية المختلفة مع إمكانية التجول داخل تلك المعالم وكأنها حقيقية مما يؤدى إلى الحفاظ على المقتنيات الأثرية المختلفة ، وكذلك تسهيل طرق عمليات الترميم اللازمة كما يعمل على التبادل الثقافى الحضارى بين مختلف الشعوب بسهولة ويسر.

مقدمة:

لا أحد يستطيع أن ينكر دور الصورة في حياتنا الإقتصادية والإجتماعية والفنية والعلمية وعلى مختلف الأصعدة ، ويشكل التصوير عنصراً أساسياً في العمل الإعلامي لما له من أهمية بالغة في توثيق الأحداث والمناسبات لما يحققه من مصداقية كبيرة في نقل الواقع لذلك فهو يعد من الأمور الأساسية في العمل الإعلامي.

والتصوير بأنواعه الفوتوغرافي والسينمائي والتلفزيوني قد طور العمل الإعلامي بشكل كبير لما يتمتع به من قدرة على الإثارة والتشويق وإستقطاب المتلقي وذلك لكونه يجمع مكونات عديدة مثل اللون والكتلة والخطوط والأجسام والإضاءة والظل وما الى ذلك ، وهو بالإضافة إلى ذلك يتطور مع تطور الأحداث والتقنيات والتكنولوجيا الخاصة به ، فهو يشكل حاجة ماسة ومهمة في الحياة اليومية للمجتمعات ، فالتصوير له تاريخ طويل يبدأ مع العالم العربي الحسن ابن الهيثم ويتطور إلى أن يظهر بشكله العملي أو التقليدي عندما حضر العالم الألماني شولتز نترات الفضة ووجد تغيراً طرأ على هذه النترات التي سقط عليها الضوء حيث تطور هذا الاختراع وبصورة مستمرة ، وإلى يومنا هذا حتى دخل عصراً جديداً يتعامل بالتقنيات الرقمية وإستطاعت هذه التقنيات أن تحقق قدرات عظيمة من خلال اختصار الوقت و التكلفة و الجهد .

ولا أحد يستطيع إنكار العلاقة الوطيدة بين التصوير والعمل في توثيق التراث لأن عمل الباحث في التراث يرتكز بالأساس على المعلومة التي تشكل الأساس في بحثه والمعلومة هنا لا تتوقف على الكلمات فقط ولكنها تشمل الصورة بمختلف أنواعها ، والتى أصبح لها مكانة مهمة في توثيق التراث من خلال تجسيدها لأبعادا رمزية وتراثية وثقافية ، كما تعبر عن واقع حضاري وإنساني للممارسة الإنسانية بمختلف تعبيراتها الثقافية والحضارية[1] ، وقد ساهم التصوير المجسم ثلاثى الأبعاد فى نهضة عمليات التوثيق التراثى بمختلف الجوانب وهو ما سوف نتعرف عليه فى الأسطر القليلة القادمة .

توثيق التراث الحضارى :

إن الحفاظ على التراث والمباني والمقتنيات الحضارية المختلفة أمراً في غاية الأهمية لما تمثله من سجل لذاكرة التاريخ بما

---

[1] jamahir.alwehda.gov.sy/node/397160

DOI: 10.12816/0036888

تحتويه من قيم ثقافية وتاريخية وحضارية ، ونظراً لتعرض بعض المواقع التراثية والتاريخية للعديد من وسائل التلف نتيجة لمرور الزمن والعوامل البيئية المختلفة لذا كان لزاماً العمل على تطوير وترميم تلك المواقع الأثرية لما تحتويه من عناصر معمارية وعمرانية وتراثية تحمل بين جنباتها المعالم الحضارية المختلفة عبر الأزمان .

وأولى خطوات عمليات الترميم هو التوثيق المعماري والحضارى للمبانى والمقتنيات المختلفة ، إذ يعد التوثيق الحضارى مهماً لدراسة التراث والحضارات المختلفة لكونه ينقل صورة حقيقية عن المكان وعن تفاصيل كل المقتنيات التراثية على حدة، وكيفية نشأتها، وعناصرها المعمارية، والعناصر الجمالية والإنشائية، وغيرها.

ويُعرف التوثيق المعماري للمباني والمقتنيات التراثية بأنه توثيق وتأصيل القيم المعمارية والجغرافية للمباني التراثية والمنطقة المحيطة بها بغرض الاستفادة في حفظ الذاكرة المكانية للموقع ولتسهيل عملية التأهيل والتطوير والترميم المستقبلي للموقع ، كما يهدف إلى توفير قاعدة بيانات تساعد الباحثين والمخططين وراسمي السياسات ليتخذوا قرارات صائبة ، ويجب أن يكون للوثيقة الفنية هدف محدد يرتبط بتوصيل المعلومات الواضحة المعنى في عدد قليل ومحدود من الكلمات ، ويجب أن تُعرض هذه المعلومات في ترتيب منطقي، يسهل معه تتبعه ، فالتوثيق إحدى عمليات البحث العلمي من خلال عملية تسجيل الحقائق والمعلومات عن طريق وصف كل عنصر من العناصر الذي يتكون منها المبنى.

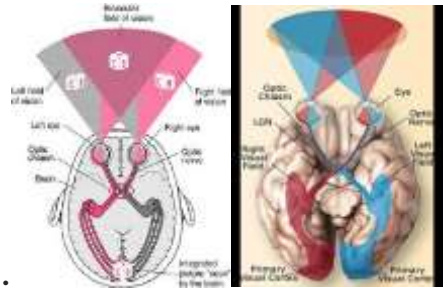
وهناك أنواع عدة للتوثيق منها التقارير الأولية وهي تقارير فنية مصورة عن الموقع تشتمل على اللمحة التاريخية وإحداثية الموقع وصور فوتوغرافية ووصف مكاني ووظيفي للموقع وتقييمه وتصنيفه معمارياً بحسب استمارات تقييم المواقع التراثية، التي تتضمن عدداً من المعايير المعتمدة ، مثل الأهمية التاريخية والمعمارية والحالة الإنشائية وقابلية الموقع للتأهيل والتطوير.

والنوع الثانى للتوثيق هو التصوير الفوتوغرافي ويشمل التصوير الأرضي والتصوير الجوي والتصوير الداخلي وتصوير تفاصيل المبنى الداخلية والخارجية ، والرفع المساحي وتحديد حدود الموقع وعلاقته بالمنطقة المحيطة به، وتحديد المداخل والمخارج وعلاقاتها بالطرق وممرات المشاة والبنية التحتية والمناسيب الطبغرافية والخطوط الكنتورية ، وربطه بمخطط المدينة وبمخططات التسمية والترقيم بالمنطقة[1] ، وبظهور التصوير المجسم ثلاثى الأبعاد تطورت عمليات التوثيق التراثى للحضارات الإنسانية المختلفة كما أنها وفرت الكثير من الوقت والتكاليف والمجهود لجمهور المتلقين بإمكانية نقل المقتنيات الأثرية اليهم من خلال تقنية هى الأقرب إلى الواقع عن طريق العرض ثلاثى الأبعاد لتلك المقتنيات الأثرية وكأنه داخل الحقبة الزمية الحضارية لما يشاهده من معالم أثرية وتراثية .

التصوير المجسم ثلاثى الأبعاد Stereoscopic -Three dimensional imaging

إن التصوير ثلاثى الأبعاد هو طريقة للتصوير تسجل وصفا مجسما ودقيقا للأجسام والموضوعات المصورة بكل تفاصيلها ، وهذه الطريقة تقلد عمل العينين فالإنسان الطبيعى يرى الأشياء مجسمة بواسطة كلتا العينين حيث أن لكل عين مجال للرؤية منفصل ويتلاقى هذين المجالين فى منطقة وسطية عندها تكون الرؤية مجسمة وذات أبعادا ثلاثية وهو ما يعطى الإحساس بالعمق ، وهذه المنطقة الوسطية تسمى Binocular Vision ، وفى هذه المنطقة تزداد القدرة على الرؤية الجيدة للموضوعات بأبعادها الحقيقية وتكون الرؤية فيها فى أعلى درجاتها لتكون الرؤية المجسمة أو ما يعرف Stereoscopic vision كما تظهر فى شكل (1) .

[1] www.al-jazirah.com/2016/20160303/rl4.htm



شكل (1) يوضح المنطقة الوسطية للرؤية المجسمة Binocular Vision[1].

ولكى تتم الرؤية المجسمة ترسل كل عين مجال الرؤية الخاصة بها إلى المخ الذى يقوم بدمج الصورتين لتظهر الموضوعات مجسمة ، وكما نعلم فإن هناك مسافة أفقية بين العينين مما يتيح تكوين منظور خاص بكل عين كما تظهر فى شكل (2) ، وهذه المسافة الأفقية تسمى interocular distance[2]، أي أننا نستطيع تقدير عمق الموضوعات وتقدير القريب والبعيد بواسطة دمج الصورتين معا، أما باستخدام عين واحدة فلا يمكننا تحديد العمق أو بعد الأشياء المرئية، وزاوية الرؤية فى الكائنات الحية ليست واحدة فكل كائن حى له متطلبات الرؤية الخاصة والتى تمكنه من التعايش مع البيئة الخاصة به ، وبالنسبة للرؤية البشرية الطبيعية فإن زاوية الرؤية الخاصة بكل عين هى 170 درجة أما زاوية الرؤية فى المنطقة الوسطية المجسمة فهى 140 درجة والشكل رقم (3) يوضح بعض زوايا الرؤية للإنسان وبعض الحيوانات .

شكل (2) يوضح إختلاف المنظور الخاص بكل عين .

الشكل رقم (3) يوضح بعض زوايا الرؤية للإنسان وبعض الحيوانات [1].

[1]https://littlegreymatters.com/tag/binocular-vision/
[2]Celine Tricart, foreward by Jean-Pierre Jeunet, " 3D Filmmaking: Techniques and Best Practices for Stereoscopic Filmmakers " ,focal press,2016,p10-11

[1] http://smsm2a2012.weebly.com/reading-site.html

التصوير الفوتوغرافى المجسم Stereoscopic Photography:

وبعد أن تم التوصل إلى نظرية رؤية الإنسان للموضوعات والأجسام بصورة مجسمة بدأ التفكير فى تنفيذها فى التصوير ، وبدأت بالتصوير الفوتوغرافى المجسم وهو عبارة عن تصوير صورتين لنفس الموضوع من نقطتين أفقيتين متجاورتين ويمكن عمل هذا إما بإستخدام كاميرتين متلاصقتين أو كاميرا بعدستين أو بكاميرا واحدة ثم تحريكها بين النقطتين ويجب مراعاة التعريض فى كلا الصورتين بحيث يكون متقارب إلى حد كبير وقد بدأت التجارب الأولية للصورة الفوتوغرافية المجسمة فى عام 1840 ميلادية والتقطت أشهر أقدم صورة فوتوغرافية مجسمة فى ذلك الوقت للملكة فيكتوريا فى لندن عام 1851 كما يظهر فى شكل (4) .

شكل (4) يوضح أشهر أقدم صورة فوتوغرافية مجسمةللملكة فيكتوريا .

ولرؤية الصورة بالشكل المجسم يجب رؤية كل صورة من إحدى العينين والصورة الاخرى بالعين الأخرى وهو ما توصل إليه العالم الإنجليزى Charles Wheatstone فى عام 1851 وقام بعمل وحدة بصرية بسيطة والتى قد تكون على شكل حامل يحمل الصورتين معا مع وجود قطعة بصرية تشبه النظارات لتجعل كل عين ترى الصورة الخاصة بها[1] ، وهذه الوسائل كات تطور بتطور الوسائل والأدوات الخاصة بالتصوير الفوتوغرافى المجسم كما تظهر فى شكل (5) .

شكل (5) يوضح مجموعة قديمة من الأدوات التى كانت تستخدملرؤية الصورة الفوتوغرافية المجسمة[2].

وبمرور الوقت تم العمل على تحديث النظام المجسم للصورة الفوتوغرافية ، وبحلول القرن التاسع عشر تم التفكير فى النظام المجسم للصورة الفوتوغرافية بدون استخدام وسائل الرؤية التقليدية وظهر النظام الفوتوغرافى العدسى المتحرك Animated Lenticular Photography، وهى طريقة جديدة يتم فيها استخدام طريقة خط الشاشة أو Line Screen، وذلك عن طريق استخدام لوح زجاجى أو بلاستيكى شفاف مغطى بخطوط متوازية منفصلة يتم فيها وضع الصورتين على هيئة شرائح رقيقة منفصلة متداخلة وعن طريق تغيير زاوية رؤية العين يتم رؤية كل صورة على حدة [1]كما يظهر فى شكل (6)[2] .

---

[1] Martin Richardson ," Techniques and Principles in Three-Dimensional Imaging ", IGI Global , 2014, p 3.

[2]http://tntstereoscopy.com/whatis/. - https://en.wikipedia.org/wiki/Stereoscope

[1]Kim Timby, "3D and Animated Lenticular Photography: Between Utopia and Entertainment ",2015, DE GRUYER.p 10-11

[2] https://thedailyomnivore.net/2010/08/25/lenticular-printing/

شكل (6) يوضح نموذج لصورتين بطريقة خط الشاشة أو Line Screen

التصوير الفوتوغرافى الرقمى المجسم Digital Stereoscopic Photography

بحلول القرن الواحد والعشرون ظهر عصر الفوتوغرافيا الرقمية ، وظهرت معه الكاميرات الرقمية الحديثة والعدسات المجسمة الخاصة التى حولت الكاميرات الفوتوغرافية العادية إلى كاميرات مجسمة stereo camera، وذلك عن طريق استخدام عدسات مزدوجة مخصصة لإلتقاط صورتين وإرسالهم إلى وحدة الحساسية فى الكاميرا الرقمية وهى وسيلة التسجيل البديلة للفيلم فى النظام الرقمى ، وتوالت التكنولوجيا الخاصة بتلك التقنية فى الكاميرات والعدسات ونظام الرؤية الخاصة بها ، حيث ظهر العديد من الكاميرات الرقمية المجسمة والعدسات التى تظهر فى شكل (7) .

شكل (7) يوضح بعض نماذج من الكاميرات والعدسات الرقمية المجسمة [1].

---

[1]http://www.gadgetreview.com/reviews/3d-camera-reviews -
http://www.digitalcamerawarehouse.com.au/prod7326.htm

والكاميرا الرقمية المجسمة إما أن تكون ذات عدستين منفصلتين أو عدسة واحدة مزدوجة وفى كلتا الحالتين هناك مسافة أفقية بين العدستين تسمى خط القاعدةbaseline ، وتختلف هذه المسافة من كاميرا لأخرى بحسب الغرض المطلوب ففى الأغراض العادية للتصوير المجسم فإن الهدف الأساسى هو عمل رؤية طبيعية مجسمة للموضوعات المصورة وإعطاء إحساس طبيعى وكأن المشاهد فى الواقع نفسه ، ومن الأشياء المهمة فى تنفيذ هذا هو خط القاعدة وخط القاعدة للعين الطبيعية للإنسان هو المسافة بين منتصف العين اليمنى ومنتصف العين اليسرى وهو ما يعطى الرؤية المجسمة وعند التصوير المجسم بنفس مسافة خط القاعدة للعين وعرض الصور بنفس المسافة يطلق عليه Ortho Stereo .

والرؤية الطبيعية للصورة المجسمة بدأ ظهورها الحقيقى فى منتصف الخمسينيات وذلك مع تطور وسائل العرض الخاصة بها والتى أصبحت ملائمة لخط القاعدة للرؤية الحقيقية موفرة مزيدا من الواقعية والقرب من الموضوعات المصورة ومع ظهور Ortho Stereo وقدرته على تعميق الألوان الخاصة بالصورة وخط القاعدة المستخدم فى هذه الحالة هو ما بين 50 إلى 80 مللى ويسمى بخط القاعدة الطبيعى normal base line ، ويستخدم فى تصوير الأجسام والموضوعات متوسطة الأحجام وبالنسبة لعمليات التوثيق التراثية فيمكن استخدامه مع التماثيل والمقتنيات الأثرية الصغيرة الحجم إلى حد ما ولكن فى حالة التوثيق للمبانى أو المعابد كبيرة الحجم أو المساحات الواسعة فإنها سوف تبدو مسطحة وهو ما يتماشى مع الرؤية الطبيعية للإنسان فى الأماكن الحقيقية ولن يكون هناك حاجة إلى تصويرها تصويرا مجسما ولمعالجة هذا يجب وضع أى جسم فى مقدمة الصورة أو إستخدام خط قاعدة أطول من النسبة الطبيعية وذلك بزيادة المسافة بين عدستى التصوير المستخدمة وتسمى interaxial لتصبح أكبر من المسافة الطبيعية لعين الإنسان والتى تقدر من 62 : 65 مللى تقريبا وهذا يؤثر فى الصور المجسمة التى تم تصويرها وكأنها صورت من قبل عملاق كبير الحجم مما يؤدى إلى زيادة نسبة العمق الخاص بالصورة مع خفض واضح فى حجم المشهد نسبيا ، وفى هذه الحالة يجب عدم تصوير موضوعات فى مقدمة الصورة لعدم حدوث عيب parallex وهو عيب فى التصوير يجعل الصورة غير متطابقة مع الاصل وعندئذ يكون من الصعب عرضها ولتنفيذ هذه الطريقة يجب إستخدام كاميرتين منفصلتين بمسافة يتم تحديدها حسب حجم الموضوعات المصورة ، وفى هذه الحالة تطبق قاعدة 1 : 30 أى أن خط القاعدة يكون 1 إلى 30 مسافة من أقرب موضوع مصور ، إما فى حالة تصوير موضوعات صغيرة الحجم والتى يحتاج تصويرها إلى مساف أقل من ستة أقدام ونصف يجب أن تكون مسافة خط القاعدة أصغر من المسافة الطبيعية لإمكانية تصوير وعرض الموضوعات المصورة بشكل مجسم ويحمل التفاصيل الدقيقة التى تكون أقرب إلى الواقع .

والأمثلة الأتية توضح بعض أنواع الكاميرات الفوتوغرافية المجسمة والمسافة الخاصة بخط القاعدة أو baseline :

- 10 mm Panasonic 3D Lumix H-FT012 lens (for the GH2, GF2, GF3, GF5, GF6 cams and also for the hybrid W8 cam).
- 12 mm DXG-5D8 cam and the clones Medion 3D and Praktica DMMC-3D.
- 15 mm Ararat Macro Beam Splitter for smartphones.
- 20 mm Sony Bloggie 3D (MHS-FS3).
- 23 mm Loreo 3D Macro lens.
- 25 mm LG Optimus 3D, LG Optimus 3D MAX (smartphones) and the Cyclopital3D close-up macro adapter (for the W1 and W3 Fujifilm cams).
- 28 mm Sharp Aquos SH80F and SHI12 (smartphones) and the Toshiba Camileo z100 camcorder.
- 30 mm Panasonic 3D1 camera.
- 32 mm HTC EVO 3D smartphone.
- 35 mm JVC TD1, DXG-5G2V, VTechKidizoom 3D, GoPro HD Hero kit 3D, Nintendo 3D, Vivitar 790 HD (only for anaglyph stills and video), and AEE 3D Magicam.

- 40 mm Aiptek I2 (also the Viewsonic clone), Aiptek I2P Aiptek IS2 and Aiptek IH3 3D cams.
- 50 mm Loreo for full frame or non digital cams, and the 3D FUN cam of 3dInlife (also the clones Phenix PHC1, Phenix SDC821 and RolleiPowerflex 3D).
- 55 mm SVP dc-3D-80 cam (parallel & anaglyph, stills & video).
- 60 mm Vivitar 3D cam (only for anaglyph pictures).
- 65 mm Takara Tomy 3D ShotCam.
- 75 mm Fujifilm W3 cam.
- 77 mm Fujifilm W1 cam.
- 88 mm Loreo 3D lens for digital cams.
- 140mm Cyclopital3D base extender for the JVC TD1 and Sony TD10.
- 200mm Cyclopital3D base extender for the Panasonic AG-3DA1.
- 225mm Cyclopital3D base extender for the Fujifilm W1 and W3 cams[1].

ولذلك فإنه عند تصوير المقتنيات والمبانى التراثية المختلفة يجب تحديد حجم الأثر الذى سوف يتم تصويره تصويرا مجسما لإمكانية إختيار الكاميرا المناسبة وكذا خط القاعدة الذى يوفر صورا عالية الجودة .

استخدام التصوير بالطائرات المصغرة في توثيق المواقع التاريخية:

نتيجة للحاجة الملحة لتصوير وتوثيق المباني التراثية والمواقع التاريخية ومراقبة التغير في حالتها الإنشائية للسعي إلى السيطرة أو تقليل تأثير عوامل التغير، قامت العديد من الشركات العالمية بتسخير وتوظيف التقنيات الحديثة لتواكب هذه الاحتياجات ولتوفر الآليات التي تضمن تحقيق أهداف أعمال المسح الهندسي والتوثيق المعماري والحضارى بأفضل صورة ممكنة .

ومن بين هذه التقنيات الحديثة أجهزة الطائرات المصغرة التى يتم التحكم فيها عن بعد (UAV) والمتضمنة كاميرات رقمية عادية وكاميرات رقمية مجسمة تقوم بعملية مسح وتصوير المبانى أو المواقع من جوانبها الأربعة ومن الأعلى، موفرة عادة نتائج عمليات مسحية جوية متقدمة للغاية باستخدام الأقمار الصناعية أو الطائرات الحقيقية للمواقع الممسوحة خصوصاً عندما تكون المنطقة المطلوبة صغيرة المساحة نسبيا، أو متعلقة بمبنى أو مجموعة مباني وهذه الطائرات كما تظهر فى شكل (8).

شكل (8) يوضح نماذج من الطائرات المستخدمة فى عملية التصوير.

[1]https://en.wikipedia.org/wiki/Stereo_**photography**_techniques

آلية عمل الطائرة:

تختلف أنواع الطائرات المسيرة عن بعد في عملها وتتفاوت في إمكاناتها ونتائجها ومتطلباتها، فمنها الصغيرة والبسيطة ذات المدى القصير (100 – 300 متر) والمعنية هنا ، وتستخدم عادة لمسح المباني والتقاط الصور من مواقف محددة وتكون عادة من نوع (Multi Rotor) والتي تمتلك مجموعة من مراوح الطيران ، ويمكن السيطرة على اتجاه وسرعة وارتفاع طيرانها من قبل القائد مع إمكانية التوقف في موضع معين لالتقاط الصور من وضعية ثابتة كما تظهر فى شكل (9) ، أما الطائرات من نوع (Fixed Wing) فتستخدم عادة لمسح المناطق المطلوبة بشكل شريطي يتم بعدها جمع المسوحات مكتبيا لتكوين الصور الجوية الكاملة للموقع الممسوح كما تظهر فى شكل (10) .

شكل (9) يوضح الطائرات من النوع Multi Rotor

شكل (10) يوضح الطائرات من النوع Fixed Wing.

وتعمل الطائرة عن بعد لاسلكيا من قبل كادر مكون غالبا من شخصين يقوم الأول بقيادة الآلة حول وفوق المبنى المطلوب مسحه بينما يقوم الثاني بعملية التصوير والتوثيق، ومن ثم تستخدم نتائج هذه العملية في تقنية المسح التصويري لتكوين المجسمات ثلاثية الأبعاد والتوثيقات الرقمية للمبنى أو الموقع الممسوح، أو لغرض الحصول على الصور المتعامدة المطلوبة سواء لمخطط الموقع أو لمخططات الواجهات الجانبية علما أن التقنية تعمل بالتكامل مع حاسب ألى أرضي يمكن من خلاله السيطرة على الصور أو الأفلام الملتقطة، كذلك تتضمن الطائرة إمكانية تحديد المواقع العالمية (GPS) خلال فترة العمل مما يسهل من عملية تسجيل إحداثيات المسح والتصوير، كما يمكن تحديد مسارات مسبقة لعملية الطيران لتعيين نقاط الالتقاط المطلوبة كما يوضح شكل (11) .

شكل (11) يوضح عملية التصوير بالطائرة .

أهمية تقنية التصوير بالطائرات الصغيرة فى توثيق التراث الحضارى

على مستوى التوثيق التراثى والحضارى و البحث العلمي، يمكن الاستفادة من التقنية من قبل التخصصات الهندسية والعلمية المختلفة خصوصا المعمارية والإنشائية ومشاريع المسح والتخصصات الآثارية والتراثية والجغرافية وغيرها، وتمتاز التقنية بإمكانية القدرة على مسح المباني والمواقع الأثرية المختلفة من الأعلى وبشكل عمودي مما يسهّل عمليات القياس والتوثيق عالى الجودة والمقارنة بين العناصر ضمن الناتج دون الحاجة إلى ارتقاء الأماكن أو المباني المجاورة وما لهذا الجانب من أوجه قصور متعددة بجانب إمكانية تعرضها للتلف ، هذا في حال إن وجدت هذه المباني أصلا ، كذلك لا يحتاج الباحث إلى عملية تصحيح منظور الصور الملتقطة بصورة مائلة كون ما توفره هذه التقنية هي صور عمودية وحسب الطلب كما يتضح فى شكل (12) .

شكل (12) يوضح التصوير المتعامد على المبانى الاثرية .

وتظهر أهمية التقنية جليا في توثيق المباني والعناصر المعمارية المرتفعة وخصوصا المآذن التاريخية أو لتوثيق القباب التراثية من الخارج أو تفاصيلها ونقوشها الداخلية ومراقبة حالتها الإنشائية، مثل هذه النتائج يصعب تمثيلها هندسيا وتزداد كلفها الاقتصادية باستخدام الأدوات الحالية، لما لها من اثر على المبنى أثناء عملية المسح أو الأضرار الجانبية المحتملة عند استخدامها.

ويمكن إستخدام التقنية في المواقع التي تتضمن إحتمالية خطورة العمل على المستخدم كالأبنية الواقعة على سفوح الجبال مثلا أو المناطق كثيفة حركة المرور أو المباني الآيلة للسقوط ، وذلك لأغراض الحصول على الوثائق والتسجيلات المطلوبة وبصورة دقيقة ، أو في إجراء المسح الهندسى المختلفة لتحديد واقع حال الأبنية ومراقبة التغير في حالتها الإنشائية.

ومن الناحية الأكاديمية يمكن إدراج التقنية ضمن حقل ومناهج مادة التوثيق العمراني ، المساحة ، إدارة معلومات المباني، تقنيات التحسس النائي ، والتصوير الفوتوغرافي وغيرها ، ويحتاج الطالب معرفة خصائص الأداة كأحد أنواع التقنيات الحديثة والمتطورة المستخدمة لالتقاط الصور والأفلام والمسوحات الجوية لداخل المنشآت وخارجها، وتستلزم عملية تطوير مهارات الطلبة وحصولهم على المعرفة المطلوبة لتحديث معلوماتهم ضرورة العمل الميداني باستخدام الجهاز للتأقلم معه ولإدراك مكامن القوة وأهم المنافع وأوجه القصور التي تلازم هذه التقنية[1].

تحرير الرؤية Free view

إن أحدث ما ظهر فى مجال الصورة الفوتوغرافية المجسمة هو نظام الرؤية المتحررة أو Free view وهى طريقة يمكن من خلالها عمل صورة فوتوغرافية مجسمة بواسطة أى كاميرا رقمية ورؤية الصور على شاشة كمبيوتر بدون الحاجة إلى نظارات خاصة أو تكنولوجيا متخصصة ، فى البداية يتم إلتقاط الصورة للموضوع الذى يجب أن يكون ثابتا بقدر الإمكان وبإستخدام فتحة عدسة ضيقة لزيادة عمق الميدان وفصل الموضوع المصور عن الخلفية وبسرعة غالق عالية يتم التقاط أول صورة وبنسبة إزاحة أفقية يتم التقاط الصورة الثانية ثم يتم دمجهم فى صورة واحدة عن طريق برنامجى Stereo Photomaker – Auto Paneلتظهر الصورة المجسمة [1].

السينما المجسمةStereoscopic Cinema:

إن الفيلم السينمائى المجسم stereoscope film أو الفيلم ثلاثى الأبعاد 3D Film هو عبارة عن فيلم متحرك يحمل خاصية الرؤية بالعمق أو البعد الثالث وفيه تقوم الكاميرا بتسجيل الموضوع المصور من زاويتين مختلفتين ثم يتم العرض بدمج الفيلمين معا من خلال أنظمة مخصصة .

وقد بدأ التفكير فى السينما المجسمة فى آواخر عام 1890 وذلك عندما حصل رائد الفيلم البريطانى ويليام فريز على براءة إختراع للفيلم المجسم عندما صور فيلما بكاميرتين متقاربتين وتم عرضهم بجهازى عرض متقاربين على شاشة واحدة ونجحت الفكرة من الناحية النظرية ولكنها فشلت على الجانب التطبيقى لقلة التكنولوجيا فى هذا الوقت وتوالت التجارب بعد ذلك إلى أن جاء عام 1922 ليظهر أول فيلم سينمائى مجسم وهو فيلم The power of love والذى تم عرضه فى لوس انجلوس فى 1922/9/27 ، وتم تصويره بكاميرا ذات عدستين متقاربتين وتم عرضه بواسطة جهازى عرض بفلترات أحمر وأخضر .

(1) www.arch-news.net/...التراثية...وتصوير-توثيق.../33238

(1)digital-photography-school.com/photo-magic-3d-photography/

وفي السينما المجسمة لا بد أن يلبس المتفرج نظارة خاصة لكي يحصل على انطباع الصور المجسمة ، وأخترعت تلك الطريقة في عام 1953 لأول مرة حيث قامت بتصوير الصور المزدوجة باللونين الأحمر والأزرق ،واستخدمت نظارات يلبسها المشاهد ذات شرائح حمراء والأخرى سيان،وفي المخ يتم خلط الصورتين وتبدو الصور مجسمة. [2]

هناك العديد من الطرق التى تستخدم لتصوير وعرض الصورة ثلاثية الأبعاد ومنها :

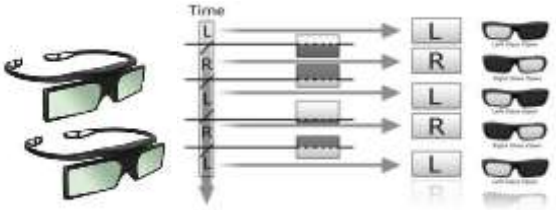
1- طريقة Anaglyphic وتستخدم فيها النظارة السلبية الحمراء والسيان passive red–cyan glasses والموضحة فى شكل (13) .

شكل (13) يوضح النظارة السلبية الحمراء والسيان وطريقة العرض بها .

2- طريقةالإستقطاب Polarization وتستخدم فيها النظارة السلبية المستقطبة passive polarized glasses وهى موضحة فى شكل (14) .

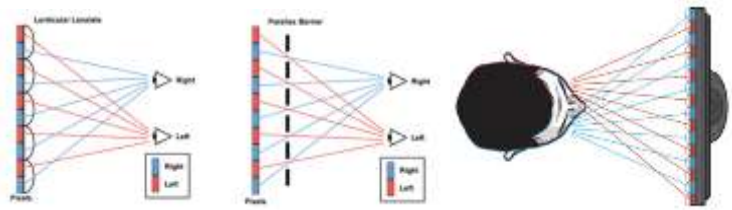
شكل(14) يوضح طريقةالإستقطاب Polarization

3- طريقة البديل التسلسلى للإطارات Alternate–frame sequencing وتستخدم معها نظارة تسمى active shutter glasses/headgear وهى تظهر فى شكل (15) .



شكل (15) يوضح النظارة active shutter glasses/headgear

4- طريقة عرض أوتواإستريوسكوب Auto stereoscopic displays ولا يستخدم معها أى نظارة كما تظهر فى شكل (16).[1]



شكل (16) يوضح عرض أوتواإستريوسكوب Auto stereoscopic displays

[2] https://en.wikipedia.org/wiki/**3D**_film

[1] en.wikipedia.org/wiki3/D_television

الرؤية المجسمة للصور بدون نظارات Glasses Free:

بالرغم من النجاح الهائل التى حققته السينما المجسمة ثلاثية الابعاد إلا أنه هناك بعض المشاكل مثل :

- العتامة الخاصة بنظارات الإستقطاب والتى تقلل من الضوء النافذ خلالها .
- قلة حيوية الإدراك بالفيلم بسبب النظارات .
- إنتاج الملايين من النظارات البلاستيكية سنويا .

ولكن الباحثون فى مركز MIT's لعلوم الكمبيوتر والذكاء الإصطناعى توصلوا إلى نظام مجسم للسينما بدون النظارات التقليدية حيث تسمح التكنولوجيا الجديدة بالرؤية المجسمة لشاشة العرض بدون نظارات مستخدمة ما يسمى Parallex Barriers والتى فيها يتم استخدام الشقوق أو الحواجز slits للسماح لكل عين برؤية جزء مختلف من شاشة العرض ولابد أن تكون على مسافات دقيقة متساوية وبزاوية معينة لإعطاء المشاهد نفس تأثير الصورة المجسمة وهى تستخدم على نطاق القاعات الصغيرة الحجم والقليلة العدد من الجمهور ، وقد تم الإعتماد فى هذه التقنية على أن رواد قاعة السينما لا يتحركون من أماكنهم بمجرد الوصول إلى المقاعد الخاصة بهم حيث يتم استخدام الحواجز على الشاشة ليتم عرض أجزاء وحجب أجزاء أخرى لمواقع مختلفة من صالة العرض مقدمة تأثير البعد الثالث لزوايا محددة عن طريق مجموعة من المرايا والعدسات التى تساعد على تقديم هذه التقنية لكل فرد فى القاعة بغض النظر عن مكانه[1] .

تكنولوجيا الصورة التليفزيونية المجسمة

إن أحدث ما توصلت إليه تكنولوجيا الصورة التليفزيونية هو الصورة المجسمة ثلاثية الأبعاد 3D ، ففى الخمسينيات عندما أصبح التليفزيون منتشرا فى الولايات المتحدة الأميركية أنتجت العديد من الأفلام المجسمة وإتجهت الأنظار إلى تكنولوجيا الصورة التليفزيون ثلاثية الأبعاد ، وقد قامت هذه التكنولوجيا على نظرية تصوير الإستريوسكوب stereoscope capture أو التصوير بأكثر من زاوية multi-view capture، وذلك إما بإستخدام كاميرتين منفصلتين أو كاميرا واحدة بعدستين منفصلتين كما فى شكل (17) [2].

شكل(17) يوضح بعض كاميرات الفيديو ذات العدستين [3].

وهناك عدة طرق للحصول على صورة تليفزيونية مجسمة ثلاثية الأبعاد ولكنها جميعا تستخدم نفس القاعدة وهى إنتاج صورتين متحركتين مختلفتين منفصلتين وإرسال إحداهما للعين اليمنى والأخرى للعين اليسرى ، وذلك لإعطاء الإيهام بالبعد الثالث أو عمق الصورة ، ولكن يجب إتباع قاعدة مهمة جدا وهى أنه لا يمكن للعين اليمنى رؤية صورة العين اليسرى والعكس صحيح وبشكل عام يوجد نظامين للتليفزيون ثلاثى الأبعاد وهما :

النظام الأول للتليفزيون المجسم وهو إستخدام النظارات الخاصة وهو ينقسم إلى ثلاثة أنواع النوع الأول هو أسهل طريقة للحصول على صورة تليفزيونية مجسمة وهو عبارة عن عرض صورتين مختلفتين على شاشة التليفزيون إحداهما للعين اليمنى والأخرى للعين اليسرى وجعل المشاهد يرتدى نظارة مخصصة تمكن كل عين من رؤية الصورة الخاصة بها وهى تسمى anaglyph glasses ، وهى ذات عدستين الأولى حمراء والثانية سيان وقد تم إختيار هذين اللونين تحديدا حيث أن العدسة الحمراء هى عبارة عن مرشح ضوئى يسمح بنفاذ اللون الأحمر فقط بينما العدسة السيان وهى خليط من اللونين الأزرق والأخضر هى مرشح ضوئى يسمح بنفاذ

---

[1] www.theverge.com/circuitbreaker/.../**cinema-3d**-glasses-free-movie-**theater**

[2] en.wikipedia.org/wiki/3D_television.

[3] http://cameras.about.com/od/Dual_Camera_Reviews/fr/DXG-5F9V-Dual-Camera-Review.htm

جميع الألوان الضوئية ماعدا اللون الأحمر، وذلك تطبيقا لقاعدة عدم السماح لعين برؤية صورة العين الأخرى ، وهذه الطريقة تعتبر أسهل وأرخص الطرق ولكنها منخفضة الجودة حيث أنها تعتد على الصورة أحادية اللون التى يمكن أن تصيب المشاهد بالغثيان فى بعض الأحوال وهى كما تتضح فى شكل (18)

شكل (18) يوضح نظام anaglyph glasses

أما النوع الثانى وهو النظام الأكثر كفاءة وهو ما يستخدم نظارة عدسات الإستقطاب polarizing lenses حيث يتم فيه عرض الصورتين بإستخدام ضوئين مستقطبين مختلفين أحدهما مناسب لعدسة العين اليمنى والاخر مناسب لعدسة العين اليسرى والعيب الرئيسى هنا هو أنه يجب تزويد أجهزة التليفزيون بمرشحات إستقطاب مختلفة تتناسب مع النظارة المستخدمة وهو ما يؤدى إلى رفع ثمن الجهاز بشكل كبير شكل (19) [1].

شكل (19) يوضح نظارة عدسات الإستقطاب polarizing lenses

أما النوع الثالث وهو الأكثر عبقرية فى نظر العلماء وهو استخدام نظارة active-shutter glasses وهى نظارة ذات بطارية تعمل بالطاقة تمتلك نظام غلق الكترونى على أعلى مستوى بحيث يستطيع فتح وغلق العدسة اليمنى واليسرى بالتناوب وبسرعات عالية جدا فى لحظة معينة يتم فتح العدسة اليمنى للسماح بالصورة الخاصة بها من الظهور على شاشة التليفزيون بينما يغلق العدسة اليسرى وفى جزء من الثانية يحدث العكس وهذه التكنولوجيا تسمى alternate-frame sequencing ، وبالرغم من أن الغالق يعمل وكأنه ستائر صغيرة تفتح وتغلق أمام العين بسرعة كبيرة جدا ولكنه يفتح ويغلق بشكل بصرى وليس ميكانيكى حيث أن كل عدسة مزودة بشاشة كريستال سائلة liquid crystal display تتحول على الفور من الشفافية للإعتام والعكس بمجرد تلقى الإشارة الإلكترونية ، وتتزامن هذه النظارات مع أجهزة التليفزيون بواسطة الأشعة تحت الحمراء أو أشعة الراديو أو البلوتوث وهذا النظام هو أكثر الأنظمة إرتفاعا فى الثمن ولكنه أعلاها جودة وهى تظهر فى شكل (20) [1].

شكل (20) يوضح نظارةactive-shutter glasses .

وجميع الأنواع الثلاثة السابقة يمكن أن تكون مصدر إزعاج للمشاهد وخاصة فى حالة إرتداؤه نظارة طبية بالفعل وهذا هو السبب الذى جعل علماء ومصنعى الأنظمة التليفزيونية فى التفكير فى تطوير تلك التكنولوجيا الخاصة بالتليفزيون ثلاثى الأبعاد مثل إحتمال إستخدام طريقة الهولوجرافى holography فى التصوير ولكن هذا ربما يعنى إعادة تصميم كاميرات التليفزيون لتستطيع إستخدام الأليات المعقدة لأشعة الليزر لتستطيع تصوير عمق أكبر فى الصورة هذا بخلاف الخصائص المختلفة للون والضوء والذى يمكن أن يأخذ العديد من السنوات ، أما الإحتمال الأخر هو إستخدام شاشات تليفزيونية مزودة بعدسات lenticular TV screens، وهى تعمل بنفس طريقة البلاستيك الشريطى الذى يوضع على المطبوعات والذى يتم تحريكه لتغيير الصورة المعروضة وهى ببساطة عبارة عن صفوف من العدسات البلاستيكية الرقيقة جدا والمتوازية يتم وضعها أمام شاشة التليفزيون ويمكن بسهولة نسبيا إرسال صورتين مختلفتين أحدهما للعين اليمنى والأخرى للعين اليسرى ويتم دمجهما معا لتظهر صورة ثلاثية الأبعاد وعلى

[1]http://www.rainbowsymphony.com/3d-polarized-glasses/
[1]http://www.3d active shutter glasses/images

الرغم من أن بعض شركات تصنيع أجهزة التليفزيون المجسم بهذه الطريقة حققت نجاحا كبيرا إلا أنه يوجد عيب فى هذا النظام وهو يجب على المشاهد الإلتزام بالجلوس فى مكان ثابت وعلى مسافة مناسبة من الشاشة بحيث تتلقى العينان صورهم بشكل صحيح لأنه فى حالة الحركة سوف تنهار عملية دمج الصورتين وتصبح مشوشة لذلك فإن هذا النظام يناسب أكثر الرؤية الفردية كجهاز الكمبيوتر أو مشغل الإسطوانات والشكل (21) يوضح الأنظمة المختلفة للتليفزيون المجسم [1] .

الشكل (21) يوضح الأنظمة المختلفة للتليفزيون المجسم .

وهناك أيضا طريقة الرؤية المتعددة Multi View ويتم فيها التصوير بإستخدام أكثر من كاميرا للتصوير ثلاثى الأبعاد وذلك من خلال الفيديو متعدد التيارات multiple independent video streams للحصول على زوايا مختلفة ثم يتم العرض من خلال بعدين 2D بالإضافة إلى تحقيق المعلومات الخاصة بعمق depth بالصورة .

ولتطبيق تكنولولوجيا الصورة التليفزيونية المجسمة ثلاثية الأبعاد فإن هذا يتطلب ثورة حقيقية على الأنظمة المستخدمة حاليا فبخلاف الإشارة والبث والإستقبال تأتى الأجهزة التليفزيونية نفسها ، حيث أنها صنعت خصيصا لعرض الصورة ثلاثية الأبعاد بالإضافة إلى الصورة التقليدية ذات البعدين ومع إستخدام النظارة المخصصة للرؤية ثلاثية الأبعاد فإن جهاز التليفزيون يعطى كل عين ما يجب أن تراه ليؤدى الجمع بينهما إلى صورة ثلاثية الأبعاد .

وجدير بالذكر أن شركات تصنيع الأجهزة التليفزيونية تسعى جاهدة لمواكبة هذا التطور حيث قدمت شركات ميتسوبيشى Mitsubishi و سامسونج Samsung وباناسونيك Panasonic أجهزة تليفزيونية صالحة لعرض الصورة ثلاثية الأبعاد مستخدمين تكنولوجيا الدوللبى DLP والتى ظهرت فى يناير 2010 ، كما بدأت شركة سامسونج فى طرح التليفزيون UN55C7000 فى أواخر فبراير 2010(2).

أهمية البحث

تأتى أهمية البحث فى وجود دراسة بحثية تربط بين فنون التصوير الفوتوغرافى والسينمائى والتليفزيونى وعمليات التوثيق التراثى للحضارات الإنسانية المختلفة ، وذلك لإبراز مدى التأثير والتأثر بين هذين الفرعين من الفنون وكيف ساعدت تقنيات وتكنولوجيا التصوير المجسم بمختلف أنواعه فى الحفاظ على معالم ومقتنيات الحضارات المختلفة وتوضيح مدى إمكانية التسجيل القيق لمفردات التراث وكيفية الحفاظ عليه عن طريق إمكانية عرضه عرضا مجسما أمام المشاهدين فى شتى بقاع الارض للمحافظة عليه بقدر الإمكان وكذا تبادل الثقافات بين الشعوب المختلفة .

أهداف البحث

يهدف البحث إلى عدة أهداف وهى :

1- عرض التقنية الخاصة بالتصوير المجسم ثلاثى الأبعاد لأفرع التصوير الثلاثة الفوتوغرافيا والسينما والتليفزيون ومدى كيفية الإستفادة منها فى عمليات التوثيق التراثى لمقتنيات الحضارات المختلفة .

2- تناول طرق العرض المختلفة للتصوير المجسم التى تتناسب مع طبيعة التوثيق والتسجيل التراثى .

3- توضيح الطرق الصحيحة للحصول على الصور المجسمة الخاصة بمقتنيات الحضارات الإنسانية المختلفة .

4- بيان مدى سهولة نقل وتبادل الثقافات المختلفة بين الشعوب بطريقة جديدة ودقيقة عالية الجودة من خلال تكنولوجيا التصوير المجسم .

---

[1] www.explainthatstuff.com/how-**3d-tv-works**.html

[2] en.wikipedia.org/wiki/3D_television.

الإطار النظرى للبحث

يتناول الإطار النظرى للبحث محورين أساسين وهما : المحور الاول وهو أهمية التوثيق التراثى للحضارات المختلفة فى الحفاظ على مقتنيات وآثار تلك الحضارات والإلمام بالجوانب الفنية والجمالية فيها ودور ذلك فى إمكانية تبادل الثقافات بين الشعوب المختلفة ، والمحور الثانى هو التعرض للجوانب التكنولوجية والفنية لعمليات التصوير المجسم ثلاثى الأبعاد لأفرع التصوير الثلاثة الفوتوغرافيا والسينما والتليفزيون والطرق الجديدة المبتكرة فى هذه التكنولوجيا وكيفية توجيهها لعمليات التوثيق التراثى للحضارات الإنسانية وإمكانية إستغلال ذلك فى عمليات الترميم وكذا تبادل الثقافات بين الشعوب .

إجراءات البحث

بدأت إجراءات البحث من إختيار الموضوع الذى يراه الباحث من الموضوعات المهمة والغير مدرجة فى الكثير من المؤتمرات ، وكيفية الربط بين الفنون والحضارات المختلفة وفنون التصوير ، وبدأ الباحث بسؤال عينات مختلفة من جمهور المتفرجين عن عزوف الكثير منهم عن متابعة ورؤية الأفلام التسجيلية والوثائقية وبالأخص التى تتناول الحضارة والفنون الإسلامية وكانت النسبة التى تتابع هذه النوعية من الأفلام الوثائقية حوالى 20% من العينة العشوائية ونسبة 80 % لا تشاهد الافلام الوثائقية الخاصة بالحضارة والفنون الاسلامية ، وكانت أسباب عدم مشاهدة تلك الافلام تدور حول عدم وجود عوامل جذب فى تلك النوعية من الأعمال الفنية بالإضافة إلى الجودة الضعيفة للصورة المقدمة ، وبعد ذلك قام الباحث بمتابعة بعض الأعمال التسجيلية والوثائقية التى تتناول التوثيق التراثى للحضارات المختلفة مثل " الزخارف المعمارية – الحضارة العربية الإسلامية – قناة الوثائقية " ، " ملامح من العمارة الإسلامية – قناة المجد " ، " تعاشيق الفن الإسلامى – قناة الوثائقية " وكذلك متابعة المقالات والأبحاث المنشورة على المواقع المختلفة وكذا قراءة بعض الدراسات والرسائل العلمية التى تدور حول نقطة الدراسة ومن خلال المراجع المختلفة وخبرة الباحث فى مجال التصوير حيث قام الباحث بتصوير بعض البرامج والأفلام التى تدور حول نقطة الدراسة مثل برنامج تجليات مصرية للاديب جمال الغيطانى – قناة دريم الفضائية ، تم إعداد خطة بحثية تدور حول محورين أساسين وهما

1- كيفية إستغلال تكنولوجيا التصوير المجسم ثلاثى الأبعاد فى عمليات التوثيق التراثى .
2- كيفية تطبيق تطور تكنولوجيا التصوير المجسم فى جذب أكبر عدد من المشاهدين للعمل على التبادل الثقافى بين الشعوب المختلفة ، هذا بالإضافة إلى إستغلال هذه التكنولوجيا وجودتهاالعالية فى عمليات التوثيق التى يتطلبها القائمين على عمليات ترميم تللك المقتنيات الأثرية ، وقد إتبع البحث المنهج الوصفى التحليلى القائم على بحث وتحليل جوانب الدراسة .

التوصيات والمقترحات

1- توصى الدراسة بعدة مقترحات وهى :
2- أهمية إستخدام التكنولوجيا الخاصة بالتصوير المجسم ثلاثى الأبعاد فى عمليات التوثيق التراثى للحضارات المختلفة.
3- عمل المؤتمرات والندوات العلمية التى تتناول الجوانب الفنية والجمالية والتكنولوجية للتصوير المجسم وعلاقته بعمليات التوثيق الخاصة بالمقتنيات الأثرية .
4- زيادة مساحة مهرجانات الأفلام التسجيلية المجسمة للنهوض بهذه النوعية من الأعمال الفنية لإمكانية التبادل الثقافى بين الشعوب .
5- إستخدام الوسائل التكنولوجية الحديثة للتصوير المجسم فى إنتاج الأعمال الفنية التسجيلية والوثائقية لجذب أكبر عدد من المشاهدين وربطها بشبكة المعلومات الدولية لإمكانية عمل الترويج الإعلامى والسياحى لها .
6- ضرورة تعميم تكنولوجيا التصوير المجسم بأفرغه المختلفة فى هملیات التوثيق التراثى .

الكنب والمراجع الأجنبية

- Celine Tricart, foreward by Jean-Pierre Jeunet, " 3D Filmmaking: Techniques and Best Practices for Stereoscopic Filmmakers " ,focal press,2016
- Martin Richardson ," Techniques and Principles in Three-Dimensional Imaging ", IGI Global , 2014
- Kim Timby, "3D and Animated Lenticular Photography: Between Utopia and Entertainment ",2015, DE GRUYER.
- jamahir.alwehda.gov.sy/node/397160
- www.al-jazirah.com/2016/20160303/rl4.htm
- https://littlegreymatters.com/tag/binocular-vision/
- http://smsm2a2012.weebly.com/reading-site.html
- http://tntstereoscopy.com/whatis/ . - https://en.wikipedia.org/wiki/Stereoscope
- https://thedailyomnivore.net/2010/08/25/lenticular-printing/
- http://www.gadgetreview.com/reviews/3d-camera-reviews
- http://www.digitalcamerawarehouse.com.au/prod7326.htm
- https://en.wikipedia.org/wiki/Stereo_**photography**_techniques
- www.arch-news.net/...التراثية...وتصوير-توثيق.../33238
- digital-photography-school.com/photo-magic-3d-photography
- https://en.wikipedia.org/wiki/**3D**_film
- en.wikipedia.org/wiki/3D_television
- www.theverge.com/circuitbreaker/.../**cinema**-**3d**-glasses-free-movie-**theater**
- http://cameras.about.com/od/Dual_Camera_Reviews/fr/DXG-5F9V-Dual-Camera-Review.htm
- http://www.rainbowsymphony.com/3d-polarized-glasses/
- http://www.3d active shutter glasses/images
- www.explainthatstuff.com/how-**3d**-**tv**-**works**.html