Journal of Applied Arts & Sciences
مجلة الفنون والعلوم التطبيقية
جامعة دمياط Damietta University
كلية الفنون التطبيقية

اعتبارات التصوير الرقمي المتقطع لتسريع الحركة
Time-lapse photography considerations

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

ملخص البحث: Abstract

تقوم تقنية التصوير المتقطع لتسريع الحركة time-lapse على تصوير مجموعة من الكادرات الثابتة للحدث الذي يتم تصويره، بحيث يفصل بين عملية التقاط كل كادر منهم والذي يليه فترة زمنية ما، وعند عرض هذه الكادرات بشكل متتالي، تزيد سرعة الحدث الذي تم تصويره كثيراً عما هي عليه في الواقع، فتظهر السحب وهي تتحرك بسرعة كبيرة عبر السماء، ويتحول النهار إلى ليل في ثوان معدودة، وتتفتح الزهور في لحظات. وهذا الإدراك الزمني المختلف للحركة، يمنحنا فهماً جديداً للأحداث التي يستغرق حدوثها في الواقع ساعات أو أيام، بينما نراها مختزلة على الشاشة في لحظات. وبظهور تكنولوجيا التصوير الرقمي أصبح في الإمكان تنفيذ تقنية التصوير المتقطع لتسريع الحركة أيضاً باستخدام الكاميرات الفوتوغرافية الرقمية، وليس فقط باستخدام الكاميرات السينمائية التقليدية التي تسمح بتصوير كادر منفرد frame by frame. الأمر الذي ساهم كثيراً في شيوع وانتشار هذه التقنية، وسهل أيضاً من إمكانية التحكم في النتائج النهائية لسرعة الحركة من خلال برامج الكمبيوتر المتخصصة في دمج مجموعة اللقطات الفوتوغرافية الثابتة في ملف فيديو واحد. وهناك العديد من العوامل التي تؤثر على مظهر الصورة المتحركة التي يتم إنتاجها بواسطة تقنية time-lapse. وتكمن مشكلة البحث في أن عدم التحكم في هذه العوامل بالشكل المناسب لطبيعة الموضوع الذي يتم تصويره سيؤدي إلى أن النتيجة النهائية لن تكون محققة للغرض من التصوير. ولذلك يهدف البحث إلى تحديد الاعتبارات الواجب مراعاتها عند تنفيذ تقنيات تسريع الحركة المعتمدة على تصوير لقطات فوتوغرافية رقمية يفصل بينها فترات زمنية معينة للحدث الذي يتم تصويره ثم دمجها باستخدام برامج الكمبيوتر في ملف فيديو رقمي واحد، للوقوف على أنسب الإجراءات والإعدادات التي تحقق لنا النتيجة النهائية المطلوبة.

Keywords:
Time-Lapse , Hyperlapse, Digital Photography, Fast Motion, Intervalometer.

مقدمة: Introduction

منذ بداية ظهور الصورة السينمائية وهي تعتمد على تصوير عدد من الكادرات الثابتة للحدث الذي يتم تصويره، ثم يتم عرض هذه الكادرات المتتالية بسرعة؛ فتظهر الموضوعات المصورة وهي تتحرك، وذلك اعتمادا على نظرية استمرارية الرؤية persistence of vision. ونظراً لأن سرعة عرض الفيلم السينمائي هي ٢٤ كادر في الثانية الواحدة 24 fps، فإن التصوير بنفس السرعة يؤدي إلى ظهور حركة الأجسام المصورة بسرعتها الطبيعية على الشاشة. أما إذا تم التصوير بسرعة أعلى من ٢٤ كادر في الثانية الواحدة، فإن ذلك سيؤدي إلى بطء حركة الأجسام المصورة أثناء العرض slow motion. وإذا تم التصوير بسرعة أقل من ٢٤ كادر في الثانية الواحدة، فإن ذلك سيؤدي إلى تسريع حركة الأجسام المصورة أثناء العرض fast motion.[1-pp.266-268]

وتقوم تقنية التصوير المتقطع لتسريع الحركة time-lapse على تصوير مجموعة من الكادرات الثابتة للحدث الذي يتم تصويره، بحيث يفصل بين عملية التقاط كل كادر منهم والذي يليه فترة زمنية ما، وعند عرض هذه الكادرات بشكل متتالي، تزيد سرعة الحدث الذي تم تصويره كثيراً عما هي عليه في الواقع - نظراً لأن معدل تصوير الكادرات في الثانية الواحدة يقل كثيراً عن 24 fps - فتظهر السحب وهي تتحرك بسرعة كبيرة عبر السماء، ويتحول النهار إلى ليل في ثوان معدودة، وتتفتح الزهور في لحظات.[1-pp.266-268]

ولذلك كثيراً ما تستخدم هذه التقنية في تصوير الأحداث والموضوعات التي تتحرك في الواقع ببطء شديد لا يتيح تأمل تفاصيل وخصائص حركتها.[2-p.312] فالتأثير الذي

تحدثه على شكل الحركة يمنحنا رؤية للحياة من منظور جديد ومميز، حيث إن هذا الإدراك الزمني المختلف للحركة، يمنحنا فهماً جديداً للأحداث التي يستغرق حدوثها في الواقع ساعات أو أيام، بينما نراها مختزلة على الشاشة في لحظات.(4-p.10) فقد فتحت تقنية التصوير المتقطع لتسريع الحركة آفاقاً رحبة لدراسة وفهم العديد من الموضوعات في فروع العلم المختلفة مثل الجيولوجيا والفلك والنبات والأحياء المجهرية وتعفن الفاكهة وانقسام الخلايا وحركة الأنهار الجليدية وغيرها من الموضوعات التي أتاحت لنا فهم العالم من حولنا بشكل أعمق. هذا إلى جانب إمكانية استخدامها في السرد البصري للعديد من القصص.(8-pp.14-15)

وبظهور تكنولوجيا التصوير الرقمي أصبح في الإمكان تنفيذ تقنية التصوير المتقطع لتسريع الحركة أيضاً باستخدام الكاميرات الفوتوغرافية الرقمية، وليس فقط باستخدام الكاميرات السينمائية التقليدية التي تسمح بتصوير كادر منفرد frame by frame. الأمر الذي ساهم كثيراً في شيوع وانتشار هذه التقنية، وسهل أيضاً من إمكانية التحكم في النتائج النهائية لسرعة الحركة من خلال برامج الكمبيوتر المتخصصة في دمج مجموعة اللقطات الفوتوغرافية الثابتة في ملف فيديو واحد، وأصبحت تقنية تسريع الحركة تستخدم بكثرة في صنع لقطات في الأفلام السينمائية والمسلسلات التليفزيونية.

وبالطبع فإنه يمكن الحصول على تأثير تسريع الحركة لأي صورة متحركة (فيديو - سينما) تم تصويرها بالسرعة الطبيعية، من خلال أنظمة المونتاج الرقمي. أي أننا نستطيع الحصول على تأثير مشابه لتأثير تقنية التصوير المتقطع دون الحاجة إلى تصوير كادرات ثابتة يفصل بينها فترات زمنية محددة، إلاَّ أن هذا الإجراء غير عملي ويستحيل تنفيذه في الكثير من الحالات التي يستمر فيها الحدث المطلوب تسريع حركته لعدة ساعات أو أيام، فمن غير الممكن تسجيل ملف فيديو متصل لهذه الفترات الطويلة، وعندئذ لا تكون هناك وسيلة لتسريع الحركة سوى تقنية التصوير المتقطع، والتي تتيح اختزال فترات زمنية كبيرة في ثوان قليلة.(3-p.392)

وهناك العديد من العوامل التي تؤثر على مظهر الصورة المتحركة التي يتم إنتاجها بواسطة تقنية time-lapse، مثل قوة التحديد المستخدمة في التصوير، والفترة الزمنية الفاصلة بين تصوير اللقطات الثابتة، والعدد الإجمالي للقطات، وصيغة ملف الصورة الرقمية المستخدم، وسرعة الغالق المستخدمة في تصوير كل لقطة ثابتة، وغيرها من العوامل التي تؤثر على النتيجة النهائية التي نحصل عليها من تقنية time-lapse.

ولذلك سنبحث في هذه الدراسة الاعتبارات الواجب مراعاتها عند تنفيذ تقنيات تسريع الحركة المعتمدة على تصوير لقطات فوتوغرافية رقمية يفصل بينها فترات زمنية معينة للحدث الذي يتم تصويره ثم دمجها باستخدام برامج الكمبيوتر في ملف فيديو رقمي واحد، للوقوف على أنسب الإجراءات والإعدادات والاختيارات التي تحقق لنا النتيجة النهائية المرغوب فيها من تقنية time-lapse.

مشكلة البحث: Statement of the problem

هناك العديد من العوامل المؤثرة على مظهر الصورة المتحركة النهائية التي نحصل عليها باستخدام تقنية التصوير المتقطع لتسريع الحركة، وعدم التحكم في هذه العوامل بالشكل المناسب لطبيعة الموضوع الذي يتم تصويره سيؤدي إلى أن النتيجة النهائية لن تكون محققة للغرض الذي تم التصوير من أجله. ويمكن حصر المشكلات التي تواجه المصور عند تنفيذه لتقنية التصوير المتقطع لتسريع الحركة في النقاط التالية:

- مشكلة اختيار قوة التحديد resolution المستخدمة في تصوير اللقطات الثابتة.
- مشكلة تحديد الفترة الزمنية الفاصلة بين تصوير اللقطات الثابتة، والعدد الإجمالي للقطات المصورة.
- مشكلة التحكم في الكاميرا لتصوير اللقطات المتتالية بالفترات الزمنية المحددة.
- مشكلة تحقيق تجانس التعريض الضوئي في جميع اللقطات المصورة.

هدف البحث: Objectives

يهدف البحث إلى تحديد الاعتبارات الواجب مراعاتها عند تنفيذ تقنية التصوير الرقمي المتقطع لتسريع الحركة time-lapse باستخدام الكاميرات الفوتوغرافية الرقمية للوقوف على أنسب الإجراءات والإعدادات والاختيارات التي نحصل منها على صورة متحركة نهائية تحقق التأثير والغرض المطلوب منها.

تساؤلات البحث: Questions

- ما مدى أهمية التخطيط لتنفيذ تقنية time-lapse؟ وما هي الإجراءات الواجب اتباعها قبل البدء في التصوير الفعلي؟
- ما هي أنسب الكاميرات الرقمية التي يمكن استخدامها في تنفيذ تقنية time-lapse؟
- ما هي الإعدادات المناسبة للكاميرا من توازن لوني وضبط وضوح عند تنفيذ تقنية time-lapse؟
- ما هي العدسات المناسبة للتصوير عند تنفيذ تقنية time-lapse؟
- ما هي قوة التحديد resolution المناسبة لتصوير اللقطات الثابتة؟
- على أي أساس يتم تحديد الفترة الزمنية الفاصلة بين تصوير اللقطات الثابتة؟ وكذلك تحديد العدد الإجمالي للقطات المصورة؟
- ما هي وسائل التحكم في الكاميرا لتصوير اللقطات المتتالية بالفترات الزمنية المحددة؟

- على أي أساس يتم اختيار سرعة الغالق المستخدمة في تصوير اللقطات الثابتة؟
- كيف يمكن التحكم في التعريض الضوئي للقطات الثابتة المصورة، وكيف يمكن معالجة عدم تجانس التعريض في حال حدوثه؟
- ما هي صيغة ملف الصورة file format المناسبة لتصوير اللقطات الثابتة؟
- ما هو الفرق بين تقنيتي time-lapse و hyperlapse؟
- ما هي أنواع برامج الكمبيوتر اللازمة لتنفيذ تقنية time-lapse؟

منهج البحث: Methodology

يتبع البحث المنهج الوصفي التحليلي بدراسة العوامل المؤثرة على مظهر الصورة المتحركة النهائية التي نحصل عليها باستخدام تقنية التصوير الرقمي المتقطع لتسريع الحركة، للوقوف على الاعتبارات الواجب مراعاتها عند تنفيذ هذه التقنية لتحقق الغرض الذي تم استخدامها من أجله. ثم يقوم الباحث بتنفيذ تطبيق عملي لإنتاج صورة متحركة باستخدام تقنية time-lapse يطبق فيه النتائج التي توصلت إليها الدراسة.

١- التخطيط للتصوير المتقطع: Planning for Time-Lapse

من الضروري جداً قبل الشروع في تصوير أي موضوع أو حدث بتقنية التصوير المتقطع أن تتم دراسة طبيعة الحدث جيداً قبل البدء في التصوير، وذلك بجمع المعلومات الوافية عن مكان التصوير وطبيعة الحدث والأحوال الجوية يوم التصوير[4-pp.23-24] عن طريق الاستعانة بأحد التطبيقات التي تتنبأ بالأحوال الجوية.[5]

وكذلك يجب زيارة موقع التصوير لاستكشاف طبيعة ومسار الحركة، والوقت الإجمالي الذي يستغرقه الحدث، ودراسة احتمالات تغير بيئة التصوير خلال تسجيل الحركة، مثل الإضاءة والطقس ومسارات المرور. ويفضل أيضاً أن يتم تجربة تصوير بعض اللقطات للحدث قبل التنفيذ الفعلي، لاختبار صحة التعريض وشكل الحركة وتحديد ما إذا كانت هناك حاجة لتعديل الفترة الزمنية الفاصلة بين تصوير كل كادر والذي يليه. فهذا التخطيط المبدئي ضروري جداً لتلافي الهدر في الوقت والجهد والمال، كما أنه يساعد على وضوح الفكرة ويزيد من القدرة على حل المشكلات التي قد تطرأ أثناء التنفيذ الفعلي.[4-pp.23-24]

ومن الضروري عند ضبط التكوين للموضوع الذي سوف يتم تصويره بتقنية تسريع الحركة أن تتم مراعاة وجود أجزاء ثابتة داخل إطار الصورة، بمعنى ألاَّ تكون جميع الأجسام داخل الصورة متحركة، وإلاَّ سوف يضيع تركيز المشاهد ولن تكون النتيجة مرضية على الإطلاق. فعلى سبيل المثال عند تصوير الحركة داخل شوارع المدينة يجب الحرص على وجود بعض المباني والعناصر الثابتة داخل إطار الصورة، بحيث تظهر حركة الأشخاص والسيارات والظلال الناشئة عن حركة الشمس وهي تتدفق حول المباني والعناصر الثابتة في الصورة، فتستطيع عين المشاهد أن تركز على الحركة وتتابعها، وفي نفس الوقت تشعر بالاستقرار بسبب العناصر الثابتة في الصورة والتي تمثل مرجع يبرز مقدار ديناميكية الحركة. فكما يظهر في شكل (١) تتأكد ديناميكية حركة الأشخاص في الصورة وهم يعبرون خلال إطار الباب الثابت.[4-pp.56-57]

شكل (١) أهمية استخدام العناصر الثابتة في التكوين يبرز ديناميكية الحركة.

٢- تحديد الفترة الزمنية الفاصلة بين اللقطات: Wait Time

كما ذكرنا سابقاً فإن تقنية التصوير الرقمي المتقطع لتسريع الحركة تتم من خلال تصوير مجموعة كبيرة من اللقطات الثابتة بمعدل تصوير أقل من ٢٤ كادر في الثانية الواحدة فتظهر حركة الموضوعات المصورة عند العرض أسرع مما هي عليه في الواقع. ويعتبر تحديد الفترة الزمنية الفاصلة بين تصوير كل لقطة ثابتة واللقطة

التي تليها من أهم العناصر التي تؤثر في شكل الصورة المتحركة النهائية التي يتم تنفيذها باستخدام تقنية التصوير المتقطع، وتسمى هذه الفترة الفاصلة بين تعريض كل كادر والذي يليه بفترة الانتظار wait time، وتكون هذه الفترة في حالة التصوير بالسرعة الطبيعية 24 fps هي ٢٤/١ ثانية (مخصوم منها مدة التعريض لكل كادر)، أما في حالة تنفيذ تقنية التصوير المتقطع فمن الممكن أن تبدأ فترة الانتظار من ٤/١ ثانية في حالة تصوير السحب، وتصل إلى ١٥ دقيقة في حالة تصوير مراحل نمو نبتة. وكل موضوع تكون له الفترة الزمنية الفاصلة التي تحقق أفضل نتيجة نهائية لشكل الحركة، نظراً لأنه كلما زادت الفترة الزمنية الفاصلة بين تصوير كل لقطة ثابتة واللقطة التي تليها، فإن ذلك يعني أن معدل تصوير اللقطات في الثانية الواحدة سوف يقل كثيراً عن24 fps، وبالتالي سوف تزيد سرعة الحركة كثيراً عند العرض النهائي. أما إذا قلت الفترة الزمنية الفاصلة بين كل لقطة ثابتة والتي تليها فإن ذلك يعني أن معدل تصوير اللقطات في الثانية الواحدة سوف يزيد عن الحالة السابقة وبالتالي سوف يقل تأثير تسريع الحركة عند العرض النهائي. ولتحديد الفترة الزمنية الفاصلة بين تصوير اللقطات يجب أولاً تحديد الزمن الفعلي الذي يستغرقه وقوع الحدث أو الحركة التي سيتم تصويرها، أي المدة الإجمالية لعملية التصوير. وثانياً يجب تحديد الزمن الإجمالي لعرض الفيلم النهائي الذي يشتمل على تتابع الصور الثابتة. ثم نقوم بتحديد الفترة الزمنية الفاصلة من المعادلة التالية:

الفترة الزمنية الفاصلة بالثانية = الزمن الإجمالي لوقوع الحدث بالثانية / عدد الكادرات المطلوب

فعلى سبيل المثال: إذا كان الزمن الإجمالي لوقوع الحدث المطلوب تصويره هو يومان، وكانت المدة المطلوب عرض الفيلم النهائي فيها هي ٥ ثواني، وكانت سرعة عرض الفيلم النهائي هي ٢٤ كادر في الثانية الواحدة، فلتحديد الفترة الزمنية الفاصلة بين تصوير كل كادر والذي يليه بوحدة الثانية، نحسب أولاً الزمن الإجمالي لوقوع الحدث بالثواني كما يلي:

٢ يومx٢٤ ساعةx٦٠ دقيقةx ٦٠ ثانية = ١٧٢٨٠٠ ثانية

ثم نحسب إجمالي عدد الكادرات المطلوب تصويرها كما يلي:

٥ ثواني x ٢٤ كادر في الثانية الواحدة = ١٢٠ كادر

ثم نقوم بالتعويض في المعادلة السابقة فتكون الفترة الفاصلة = ١٧٢٨٠٠ / ١٢٠ = ١٤٤٠ ثانية أي ٢٤ دقيقة.

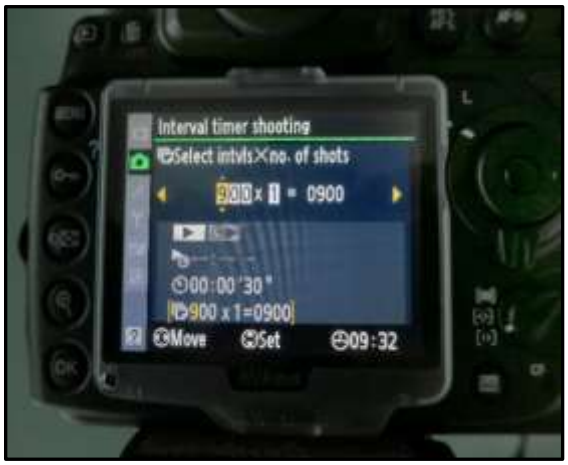
ويجب الأخذ في الاعتبار أن المعادلة السابقة تساعد بشكل تقريبي على تحديد الفترة الفاصلة بين اللقطات، ولكن ذلك لا يغني على الإطلاق عن التجربة الفعلية لاختبار شكل الحركة، وذلك بتجريب أكثر من فترة فاصلة بين اللقطات لتحديد الزمن المناسب بشكل محدد، ويمكن أن تستخدم في هذه التجربة أي كاميرا رقمية ذات جودة منخفضة. وللحصول على نتائج أفضل يجب أن يتم تصوير عدد من اللقطات يزيد بنسبة ٢٠% عن العدد الإجمالي للقطات المطلوبة، وذلك لضمان الحصول على لقطات كافية في حالة ما إذا تحرك الموضوع بسرعة أكبر من المتوقع أثناء التصوير.[9]

بالإضافة إلى أنه يمكن دائماً أن يتم تسريع الحركة قليلاً في المونتاج في حالة تصوير عدد أزيد من اللقطات، أما إبطاء الحركة في حالة الفترات الزمنية الطويلة بين تصوير اللقطات فقد يؤدي إلى فقد نعومة الحركة للموضوع المصور، فيظهر وكأنه يقفز من موضع لآخر.[3-p.392]

٢-١- جهاز التحكم في الفترة الزمنية الفاصلة: Intervalometer

نظراً لأن الفترة الزمنية الفاصلة بين اللقطات يجب أن تكون ثابتة ومحددة ولا تتغير بين اللقطات؛ لأن أي تغيير فيها يظهر أثره بوضوح أثناء العرض النهائي.[4-p.53] ولتحقيق ذلك الهدف يجب أن يتم توصيل الكاميرا بجهاز خاص للتحكم في الفترة الزمنية الفاصلة بين تصوير اللقطات يسمى intervalometer تتم برمجته للتحكم في الكاميرا أثناء تنفيذ تقنية التصوير المتقطع[4-pp.53-54]. كما يظهر في شكل (٢)[12] حيث يتيح تحديد وقت بداية التصوير والفترة الفاصلة بين لقطة وأخرى وعدد اللقطات الإجمالي المطلوب تصويره. وبعض الكاميرات تشتمل على هذه الخاصية مدمجة بداخلها built in.[2-p.313] كما يظهر في شكل (٣)[13] فلا تحتاج لجهاز إضافي ليقوم بهذه المهمة، إلاَّ أنه بالرغم من ذلك فإن التحكم الخارجي يسهل تعديل الإعدادات أثناء التصوير دون لمس الكاميرا. ولكن تجب مراعاة عدم ترك الجهاز معلقاً في الهواء وتثبيته جيداً إما على سطح الأرض أسفل حامل الكاميرا، أو تثبيته بشريط لاصق في أحد أرجل الحامل.[2-p.313] ومعظم الشركات المصنعة للكاميرات الرقمية تنتج أجهزة تحديد الفاصل الزمني المتوافقة للاستخدام مع كاميراتهم.[2-p.314]

شكل (٢) جهاز التحكم في الفترة الزمنية الفاصلة بين تصوير اللقطات intervalometer



شكل(٣) كاميرا نيكون مزودة بخاصية تحديد الفترة الفاصلة مدمجة بداخلها

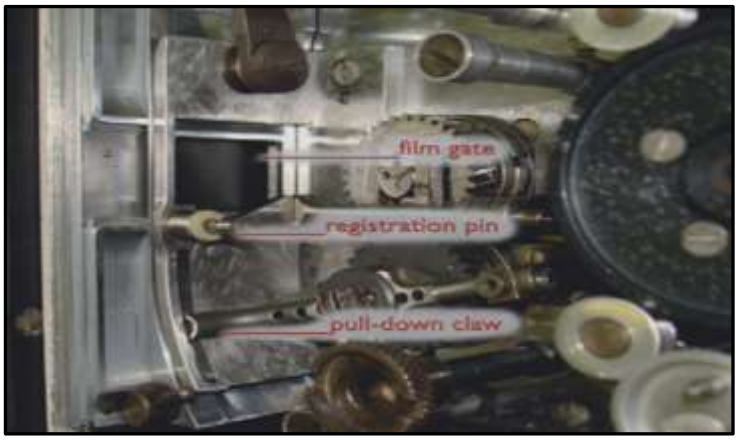
أما الاختيار الثاني للتحكم في الفترة الزمنية الفاصلة بين تصوير اللقطات يكون بتوصيل الكاميرا بجهاز كمبيوتر مزود بأحد البرامج التي تتيح التحكم في عملية التصوير المتقطع، كما أنها تتميز أيضاً بأنها تسمح بحفظ الصور مباشرة على القرص الصلب لجهاز الكمبيوتر وبذلك تحل مشكلة محدودية السعة التخزينية لبعض شرائح الذاكرة. ومن أمثلة هذه البرامج: GBTimelapse, DSLR remote Pro, DSLR Assistant[8-p.27]، وبرامج Dragon Stop Motion, Stop Motion Pro, Framethief والتي تظهر واجهة التحكم الخاصة بأحدها في شكل (٤)[4-p.54].

والاختيار الثالث للتحكم في الفترة الزمنية الفاصلة بين اللقطات فهو باستخدام أحد تطبيقات الهواتف الذكية المصممة للتحكم في عملية التصوير مع كاميرات DSLR، مثل تطبيقات: DSLR Controller, DSLR Remote، والتي تعمل مع أنظمة Android. وتطبيقات: DSLR.Bot, Remote DSLR Camera Control، والتي تعمل مع أنظمة iOS.[8-p.27]

شكل(٤) واجهة التحكم في التصوير المتقطع لبرنامج Dragon Stop Motion

٣- الكاميرات المستخدمة في التصوير المتقطع: Time-Lapse Cameras

لعقود طويلة، ظلت الكاميرات السينمائية التقليدية التي يتم تغذيتها بالأفلام الحساسة للضوء هي الوسيلة المثلى لتنفيذ تقنية التصوير المتقطع، وبخاصة الكاميرات التي تحتوي على نظام التثبيت المعروف بـ pin registration مثل كاميرات (Bell & Howell, Mitchell)، حيث أن هذا النظام يتيح للكاميرا القدرة على تثبيت الفيلم أمام فتحة التعريض film gate بحيث يكون كل إطار منفرد أثناء تعريضه للضوء في نفس الموضع تماماً الذي اتخذه الإطار السابق له أثناء تعرضه للضوء وذلك بفضل دبابيس التثبيت pins، كما يظهر في شكل (٥)، حيث تمنع هذه الخاصية تموج الصورة وتمايلها لأعلى وأسفل أثناء عرض الفيلم[4-p.25].



شكل(٥) تثبيت الفيلم بشكل كامل أثناء تعريض كل كادر للضوء في الكاميرات السينمائية التي تستخدم نظام pin registration

أما الآن فقد احتلت الكاميرات الرقمية مكان الكاميرات السينمائية التقليدية في التصوير المتقطع. وهناك نوعين رئيسيين من الكاميرات الرقمية المستخدمة في هذا المجال وهما كاميرات الفيديو الرقمية digital video cameras والكاميرات الرقمية العاكسة ذات العدسة الواحدة DSLR. وبالطبع يتميز النوع الثاني بأنه مصمم أصلاً للحصول على صور ثابتة[4-p.26]، بالإضافة إلى صغر حجمها وإمكانية تثبيتها بسهولة كبيرة[٢]، ولذلك فقد استخدمت في العديد من الأفلام التي تعتمد على التصوير المتقطع للإيهام بالحركة مثل فيلم المخرج العالمي تيم برتون Tim Burton's Corpse Bride.[3-p.392] إلاّ أن معظم كاميرات الفيديو أيضاً يمكن التحكم فيها للحصول على كادرات ثابتة من خلال بعض برامج الكمبيوتر المتخصصة في التصوير المتقطع.[4-p.26]

ومن الضروري جداً أن تتيح الكاميرا المستخدمة في التصوير المتقطع التحكم اليدوي الكامل في إعداداتها المختلفة، مثل سرعة الغالق وفتحة العدسة وضبط الوضوح وضبط التوازن اللوني، ويفضل أن تشتمل كذلك على خاصية الرؤية المباشرة live view. وترجع أهمية الضبط اليدوي للعناصر المختلفة للكاميرا إلى أن حركة الأجسام داخل إطار الصورة أثناء التصوير وما يستتبعه من تغير موضعها وأحجامها وألوانها وقدرتها على عكس الإضاءة الساقطة عليها سيؤثر على أنظمة قياس الكاميرا، وبالتالي إذا كانت مضبوطة على أنظمة آلية فستقوم بتغيير إعداداتها أثناء تصوير اللقطات المختلفة، الأمر الذي سيؤدي إلى ظهور العديد من التغييرات غير المقبولة بين أجزاء الفيديو النهائي، ولذلك يجب ضبط جميع إعدادات الكاميرا يدوياً حتى لا يحدث لها أي تغيير أثناء التصوير.[4-p.26,66]

وحديثاً تستخدم أيضاً كاميرات GoPro في تنفيذ تقنية التصوير المتقطع لتسريع الحركة، والتي تتميز برخص أسعارها وصغر حجمها وإمكانية تثبيتها في أي مكان وعلى أي جسم ثابت أو متحرك، كما يظهر في شكل (٦) وهو ما يتيح التصوير في مواضع ومن زوايا يصعب كثيراً على أي كاميرا أخرى أن تنافسها فيها. فعلى سبيل المثال فإن وزن الكاميرا GoPro Fusion ٢٢٠ جرام، وتتيح تصوير لقطات فوتوغرافية بقوة تحديد تصل إلى ١٨ ميجا بيكسل للقطة الواحدة، وبها خاصية التصوير

[٢] جميع الخصائص التي تتمتع بها الكاميرات العاكسة ذات العدسة الواحدة تنطبق أيضاً على الكاميرات غير المرآوية mirror less حيث إنها تتمتع بكافة الإمكانيات التي تتيحها كاميرات DSLR علاوة على أنها تتميز بصغر حجمها وخفة وزنها عن كاميرات DSLR.

المتقطع لتسريع الحركة حيث تسمح باختيار الفترة الزمنية الفاصلة بين تصوير اللقطات في مدى يتراوح بين ٢/١ ثانية و٦٠ ثانية، كما أنها تتيح الحصول على هذه اللقطات بشكل منفرد بصيغة raw، وتتيح دمجهم مباشرة في ملف فيديو واحد يخرج من الكاميرا، وتدعم كذلك الاتصال اللاسلكي Wi-Fi بالتطبيقات التي تتيح التحكم في الكاميرا.[19] ولكن يعيبها برغم ذلك محدودية البعد البؤري لعدستها، وعدم إمكانية التحكم في التعريض بشكل يدوي، بالإضافة إلى صغر حجم الوسيط الحساس كثيراً مقارنة بكاميرات DSLR.[10]

شكل (٦) تتميز كاميرات GoPro بتوافر العديد من وسائل التثبيت لجميع المتطلبات.

٤- العدسات المستخدمة في التصوير: Lenses

عادة ما تستخدم العدسات قصيرة البعد البؤري wide angle والعدسات متوسطة البعد البؤري normal في تنفيذ تقنية التصوير المتقطع. وفي بعض الأحيان يتطلب الأمر استخدام عدسة طويلة البعد البؤري telephoto، إلاَّ أنه في هذه الحالات تجب مراعاة أن السرعة النسبية للأجسام سوف تظهر أسرع مما هي عليه في الواقع بسبب ضيق زاوية العدسة، الأمر الذي لابد أن يتم تعويضه عند اختيار الفترات الفاصلة بين اللقطات بحيث تكون أقل[10]. وفي جميع الحالات يفضل استخدام فتحة عدسة ضيقة لزيادة عمق الميدان في الصورة لضمان عدم خروج الموضوعات الأساسية من الوضوح[5] out of focus كما يجب أن يتم ضبط وضوح العدسة بشكل يدوي حتى لا تغير العدسة موضع ضبط الوضوح أثناء حركة الموضوعات قرباً وبعداً منها أثناء تصوير اللقطات المتعاقبة فيظهر الفيديو النهائي بشكل سيء. وبخاصة في الحالات التي يتم فيها تحريك الكاميرا لمسافات كبيرة أثناء التصوير عند تنفيذ تقنية hyperlapse.[7]

٥- قوة التحديد المستخدمة في التصوير: Resolution

تتميز كاميرات DSLR بقوة التحديد resolution الكبيرة جداً مقارنة بكاميرات الفيديو، نظراً لأنها مصممة للحصول على كادرات فوتوغرافية ثابتة بجودة عالية، أما كاميرات الفيديو فهي مصممة لإنتاج صور متحركة تشتمل على ٢٥ أو ٣٠ وأحياناً ٦٠ كادر في الثانية الواحدة، مما يجعل قوة التحديد الخاصة بكل كادر ثابت أقل كثيراً من نظيرتها في كاميرات DSLR. فكما نلاحظ في شكل (٧) نجد فرقاً شاسعاً بين عدد بيكسلات الطول والعرض في كل صورة ثابتة من صور الكاميرا الفوتوغرافية 5D Mark III والتي تبلغ قوة تحديدها (٣٨٤٠x٥٧٦٠ بيكسل) أي ٢٢,٣ ميجا بيكسل للكادر الواحد، مقارنة بقوة تحديد

صورة الفيديو Full HD والتي تبلغ (١٩٢٠x١٠٨٠ بيكسل) أي ٢,١ ميجا بيكسل للكادر الواحد، وحتى مقارنة بصورة الفيديو فائق الحدة ULTRA HD والتي تبلغ (٣٨٤٠x٢١٦٠ بيكسل) أي ٨,٣ ميجا بيكسل للكادر الواحد، والأخيرة تساوي تقريباً قوة تحديد ال 4K والتي تبلغ (٤٠٩٦x٢٣٠٤ بيكسل). أي أن قوة التحديد التي نحصل عليها من كاميرات DSLR تزيد كثيراً عما نحتاجه لعمل ملف فيديو نهائي بقوة تحديد Full HD أو حتى 4K. فإذا كنا نرغب في تنفيذ تقنية تسريع الحركة باستخدام صور فوتوغرافية رقمية بحيث يكون ملف الفيديو النهائي بقوة تحديد Full HD فنحن لدينا قوة تحديد أكبر عشر مرات من القدر اللازم لمف الفيديو النهائي، وبالتالي فإن ذلك يعطي إمكانية لعمل العديد من المؤثرات في مرحلة معالجة ملف الفيديو، كأن نحاكي حركة pan أو zoom مما يمنح قدراً من الحيوية للفيديو الذي تم تصويره في الأصل من منظور ثابت. وتعرف هذه النوعية من المؤثرات باسم تأثير Ken Burns[٣].[6]

ويجب الأخذ في الاعتبار أن صنع فيديو نهائي من مئات الصور ذات قوة التحديد العالية سوف يأخذ حيز تخزين كبير في جهاز الكمبيوتر وسوف تكون عمليات معالجة الملف بطيئة في كل مرحلة. ولعلاج هذه المشكلة يفضل أن يتم تقليل قوة التحديد المستخدمة في التصوير، حيث تتيح معظم الكاميرات التي تدعم التصوير بصيغة raw أن يتم اختيار عدد البيكسلات المستخدمة في التصوير، فكما يظهر في شكل (٨) عند استخدام قوة التحديد المتوسطة medium التي تتيحها الكاميرا 5D Mark III نقصت أبعاد الصورة إلى (٣٨٤٠x٢٥٦٠ بيكسل) أي ٩,٨ ميجا بيكسل للصورة الواحدة، وهو ما يكفي أيضاً للحصول على ملف فيديو نهائي بقوة تحديد 4K، مع وجود هامش يسمح بعمل تأثيرات محاكاة لحركاتpan وzoom. ونكون بذلك قد خفضنا من حيز الذاكرة المطلوب لتخزين الصور إلى النصف تقريبا، مع زيادة قدرة الكمبيوتر على تنفيذ أوامر المعالجة المختلفة بسرعة أكبر[6].

شكل (٧) مقارنة بين قوة التحديد لكاميرا 5D Mark III مع قوة تحديد ملفات الفيديو Full HD و 4K

[3] مخرج أمريكي اشتهر باستخدامه Kenneth Lauren Burns للمواد الأرشيفية والصور الفوتوغرافية في أفلامه الوثائقية.

شكل (٨) مقارنة قوة التحديد لكاميرا Canon 5D Mark III بعد خفضها للنصف مع قوة تحديد ملفات الفيديو Full HD و 4K

٦- صيغة ملف الصورة: File Format

تتيح معظم الكاميرات الفوتوغرافية الرقمية صيغتين لملفات الصور التي تلتقطها، وهما صيغة jpeg وصيغة raw. وتتميز صيغة jpeg بصغر حجم الملف وبالتالي يمكن للكاميرا أن تقوم بتصوير عدد أكبر من الصور على شريحة الذاكرة المستخدمة، إلاَّ أنه يعيبها قلة جودتها بسبب ضغط معلومات الصورة compression ومحدودية المعالجات التي يمكن إجرائها على العكس تماماً من صيغة raw والتي تتيح مدى واسع جداً من المعالجات اللاحقة للصورة[2-p.320] حيث تتيح الحصول على تفاصيل جيدة في كل من مناطق الإضاءة العالية ومناطق الظلال.[5] بالإضافة إلى ضبط التوازن اللوني للصورة white balance بغض النظر عن القيمة التي كانت الكاميرا مضبوطة عليها أثناء التصوير. بالإضافة إلى إمكانية عمل المعالجة لصورة واحدة فقط من جميع اللقطات المتعاقبة التي تم تصويرها ثم نسخ إعدادات المعالجة وتطبيقها على باقي الصور في خطوة واحدة بواسطة أحد البرامج التي تدعم ذلك مثل Lightroom.[7] والعيب الوحيد لصيغة raw هو كبر حجم الملف الأمر الذي يمكن معالجته باستخدام شرائح ذاكرة ذات سعات تخزينية كبيرة.[2-p.320]

٧- تحديد سرعة الغالق المستخدمة في التصوير: Shutter Speed

يتطلب التصوير الفوتوغرافي (غالباً) استخدام سرعة غالق عالية حتى نتجنب حدوث أي اهتزاز للأجسام المتحركة داخل إطار الصورة، بحيث يحدث تجميد كامل freeze لكل عناصر التكوين، وبخاصة إذا كانت الكاميرا محمولة على اليد. أما إذا كانت الكاميرا مثبتة على حامل فيمكن استخدام سرعة غالق بطيئة إذا كان موضوع التصوير لا يشتمل على أجسام متحركة، أما إذا كان يشتمل على أجسام تتحرك فيجب في هذه الحالة أيضاً استخدام سرعة غالق عالية في حالة الرغبة في تجميد جميع عناصر التكوين.

أما في حالة التصوير بغرض تنفيذ تقنية التصوير المتقطع لتسريع الحركة فتكون الكاميرا مثبتة على حامل، ولذلك تكون هناك إمكانية لاستخدام أي من سرعتي الغالق البطيئة أو السريعة.[4-p.57] ولكن يجب الأخذ في الاعتبار عند اختيار سرعة غالق سريعة جداً (١/١٠٠٠ ثانية) مثلاً عند تصوير موضوعات تتحرك بسرعة كبيرة، فإن الأجسام المتحركة ستظهر في كل صورة ثابتة على حدة وهي ساكنة تماماً دون أي قدر من الاهتزاز، كما يظهر في شكل (٩) وعند عرض هذه الصور بشكل متتابع سيحدث إحساس بأن الأجسام تقفز من موضع لآخر بين الصور المتعاقبة ولا تتحرك بنعومة وهو أمر غير منطقي.[6] أما إذا تم اختيار سرعة غالق أبطأ لتصوير نفس الموضوع فسيظهر الجسم المتحرك في كل صورة ثابتة وبه قدر من الاهتزاز blur يتغير حسب طول مدة التعريض وعلاقتها بسرعة الجسم الفعلية كما يظهر في شكل (٩) وعند عرض الصور بشكل متتابع فسوف تستمر الحركة بنعومة بين اللقطات المتعاقبة[6] ويكون الإحساس بالحركة طبيعي بالنسبة للعين.[5] أما بالنسبة للموضوعات التي تتحرك ببطء شديد جداً مثل حركة تفتح الزهور، فإن سرعة الغالق المستخدمة في هذه الحالة لن

تؤثر على الإطلاق في مظهر الحركة بين الصور المتعاقبة؛ لأنه مهما طالت مدة التعريض لكل لقطة فإن الموضوع لن يتحرك بأي قدر خلال فترة التعريض، وبالتالي لن يظهر أي قدر من الاهتزاز.[6]

ويفضل عند التصوير بسرعات غالق بطيئة أن يتم تفعيل خاصية mirror lock-up والتي تتيحها معظم كاميرات DSLR ، حيث تفيد في تجنب الاهتزاز البسيط الذي قد تحدثه حركة مرآة الكاميرا عندما تتحرك لأعلى قبل بدء تعريض كل لقطة.[14] فبتفعيل هذه الخاصية يتم تصوير كل لقطة على خطوتين: الخطوة الأولى عندما نضغط على زر التقاط الكاميرا ترتفع المرآة لأعلى، ثم في الخطوة الثانية نضغط على زر التقاط الكاميرا مرة أخرى فينفتح الغالق ويتم التعريض ثم تعود المرآة إلى وضعها مرة أخرى.[10] وبذلك فعندما يتم التعريض الفعلي يكون الاهتزاز الحادث بفعل حركة ارتفاع المرآة قد سكن تماماً.[14]

شكل (٩) تأثير سرعة الغالق على مظهر الحركة في كل لقطة ثابتة.

ويجب الأخذ في الاعتبار عند تحديد سرعة الغالق المستخدمة في تصوير كل لقطة أن تكون مناسبة للفترات الزمنية الفاصلة بين تصوير اللقطات، فعلى سبيل المثال إذا كانت الفترة الفاصلة بين تصوير كل لقطة والتي تليها هي ١٠ ثواني، فيمكن في هذه الحالة أن يتم اختيار سرعة الغالق في مدى يتراوح بين ٨ ثواني وأي قيمة أخرى أسرع من ذلك وليست أبطأ. فلا يمكن أن تكون مثلاً سرعة الغالق في هذه الحالة تساوي ١٠ ثواني نظراً لأنه يجب مراعاة ترك فرصة للغالق لكي يفتح ويغلق مرة أخرى.[6]

٨- ضبط التعريض في التصوير المتقطع: Exposure Control

إن الحفاظ على تعريض صحيح لجميع الصور المستخدمة في تنفيذ تقنية تسريع الحركة ضروري جداً للحصول على صورة متحركة نهائية متجانسة، حيث إن أي تغيير في تعريض أي صورة أو مجموعة من الصور خلال التتابع الإجمالي للصور الملتقطة للحدث سوف يظهر بشكل سيء في الصورة المتحركة النهائية التي تجمعهم. ونظراً لأن تقنية التصوير المتقطع تعتمد في الأساس على التصوير لفترات زمنية طويلة، فإن ذلك يزيد من احتمالية تغير مستوى الضوء بالشدة أو الضعف أثناء تصوير اللقطات المتتالية، وبخاصة إذا كان التصوير يبدأ بالنهار وينتهي بالليل أو العكس، أو في الحالات التي تمر فيها سحب كثيفة أثناء التصوير.[1-pp.326-327]

ونظراً لأنه بمجرد أن تبدأ عملية التصوير لا يجب أن يتم لمس الكاميرا على الإطلاق لتجنب ظهور ارتجاجات غير مرغوب فيها vibrations في الفيديو النهائي، فيجب أن يتم تحديد نظام ضبط التعريض exposure mode قبل بدء التصوير، بحيث نحصل على تعريض صحيح على مدار جميع اللقطات المتعاقبة التي سيتم تصويرها للحدث، دون أن نضطر إلى لمس الكاميرا لتغييره أثناء التصوير.

وهناك اختياران رئيسيان تتيحهم الكاميرات الفوتوغرافية الرقمية لأنظمة ضبط التعريض الضوئي. **الاختيار الأول:** هو اختيار أحد أنظمة الضبط الآلي للتعريض auto modes وهما إما النظام الذي يعطي أولوية لضبط فتحة

العدسة aperture priority بمعنى أن المصور يحدد قيمة ثابتة لفتحة العدسة والكاميرا تقوم بتغيير سرعة الغالق بشكل آلي وفقاً لتغير مستوى الإضاءة في الموضوع. وإما النظام الذي يعطي أولوية لسرعة الغالق shutter priority بمعنى أن المصور يحدد قيمة ثابتة لسرعة الغالق والكاميرا تقوم بتغيير فتحة العدسة بشكل آلي وفقاً لتغير مستوى الإضاءة في الموضوع. ويجب الأخذ في الاعتبار أن تغيير فتحة العدسة بين اللقطات المتعاقبة سيؤدي إلى تغيير عمق الميدان depth of field وهو ما سيظهر بشكل غير مرغوب فيه في الفيديو النهائي. ويعيب اختيار أي من أنظمة الضبط الآلي للتعريض بأنها قد تحدث تغييرات فجائية حادة في تعريض اللقطات المتعاقبة مما يؤدي إلى عدم تجانس التعريض بين أجزاء الفيديو النهائي.

الاختيار الثاني: هو نظام ضبط التعريض اليدوي manual mode بحيث يحدد المصور قيمة فتحة العدسة وسرعة الغالق المستخدمين في التصوير بشكل ثابت لا تغيره الكاميرا. ولكن يعيب هذا الاختيار أنه في الحالات التي يتغير فيها مستوى إضاءة الموضوع المصور بدرجات كبيره خلال عملية التصوير سوف يتأثر التعريض بدرجة كبيرة بالنقص أو الزيادة خلال أجزاء الفيديو النهائي، بمعنى أنه قد تظهر أجزاء من الفيديو مظلمة إلى حد كبير وأجزاء أخرى ساطعة أكثر من اللازم. وللتغلب على هذه المشكلة يجب أن يتم اتباع إحدى طريقتين، الطريقة الأولى: بدراسة الموضوع جيداً قبل التصوير بحيث يتم ضبط اعدادات التعريض على قيمة متوسطة تتيح الحصول على تعريض مناسب في معظم أجزاء المشهد سواء في حالات زيادة مستوى الإضاءة أو نقص مستوى الإضاءة أثناء التصوير. أما الطريقة الثانية: فتكون بتوصيل الكاميرا أثناء التصوير (إن أمكن) بجهاز الكمبيوتر، والتحكم في ضبط إعدادات التعريض من خلال أحد البرامج المخصصة لذلك دون الحاجة للمس الكاميرا أثناء التصوير، مع مراعاة عدم إجراء تغييرات حادة في قيمة التعريض حتى لا تؤدي إلى عدم تجانس الإضاءة بين أجزاء الفيديو النهائي.[2-p.319]

وفي جميع الأحوال، عند اختيار أي من نظامي ضبط التعريض اليدوي أو الآلي يجب تجنب ضبط التعريض عن طريق تغيير فتحة العدسة حتى لا يتغير عمق الميدان depth of field أثناء العرض النهائي، ويفضل أن يتم ضبط التعريض من خلال تغيير سرعة الغالق. الأمر الذي قد يستلزم استخدام مرشح كثافة محايدة ND للتصوير في ضوء الشمس.[1-pp.326-327] وفي الحالات التي يتعذر فيها إبطاء سرعة الغالق أكثر من حد معين بسبب تعارضه مع الفترة الزمنية الفاصلة للتصوير بين اللقطات interval يفضل أن نلجأ إلى ضبط التعريض من خلال تغيير الاستجابة الضوئية iso.[5]

ولعلاج اختلافات التعريض التي حدثت بالفعل بين اللقطات المصورة يتم تصدير جميع اللقطات إلى أحد البرامج التي بها خاصية تحقيق التجانس الضوئي بين اللقطات المختلفة de flickering software مثل برنامج LRTimelapse [5] وبرنامج GBDeflicker.[15]

٨-١- مرشح الكثافة المحايدة: Neutral Density (ND Filters)

يستخدم مرشح الكثافة المحايدة ND في تقليل كثافة الضوء الذي يمر من خلال العدسة بشكل متساوي بين جميع الألوان، بمعنى أنه يخفض شدة الضوء دون أن يغير في الخصائص اللونية له كما يظهر في شكل (١٠)، وبذلك فاستخدام المرشح أمام العدسة يعطي إمكانية للتحكم في التعريض عن طريق تقليل سرعة الغالق دون الحاجة إلى تغيير فتحة العدسة، وبالتالي يمكن استخدامه أثناء التصوير في ضوء الشمس في الحالات التي نرغب فيها بالتصوير بفتحة عدسة واسعة لتقليل عمق الميدان، وكذلك في الحالات التي نرغب فيها بالتصوير بسرعة غالق بطيئة مع فتحة عدسة ضيقة للحصول على عمق ميداني كبير. أي أن مرشح الكثافة المحايدة يسمح لنا بأن نختار سرعات غالق بطيئة تساعد على ظهور أثر الحركة في كل صورة مفردة حتى نحصل على المظهر الطبيعي للحركة عند عرض الصور المتعاقبة.[8-p.30]

شكل (١٠) مرشح الكثافة المحايدة يخفض شدة الضوء دون أن يغير الخصائص اللونية له.

وتتوفر مرشحات الكثافة المحايدة بدرجات متفاوتة في قدرتها على خفض الضوء، وفي حالات الحاجة إلى خفض الضوء بدرجة كبيرة جداً يمكن استخدام أكثر من مرشح في نفس الوقت أمام العدسة، وبالتالي تكون درجة خفض الإضاءة الإجمالية هي مجموع درجة خفض الضوء لكل منهم. ولكن نظراً لأن كل سطح إضافي يؤدي إلى زيادة نسبة الضوء المنعكس ويؤثر في جودة الصورة، فيفضل تخفيض عدد المرشحات المستخدمة إلى أقل قدر ممكن.[8-p.31]

٩- تقنية تسريع الحركة مع تحريك الكاميرا: Hyperlapse Photography

تتشابه هذه التقنية مع تقنية time-lapse في أنها تعتمد على تصوير مجموعة من اللقطات الثابتة لحدث ما ثم يتم دمج هذه الصور في ملف فيديو واحد لتظهر فيه الأجسام وهي تتحرك بسرعة أعلى كثيراً مما هي عليه في الواقع. إلاَّ أنه في حالة تقنية hyperlapse يتم تحريك جسم الكاميرا أيضاً بعد تصوير كل لقطة ثابتة، الأمر الذي يجعل هناك نوعين من الحركة التي تظهر في الفيديو النهائي، الحركة الأولى: هي حركة الموضوعات المتحركة في الأصل بسرعة عالية كما هو الحال في تقنية time-lapse، والحركة الثانية: هي حركة الكاميرا وتغير علاقتها بالنسبة للأجسام المختلفة داخل إطار الصورة.[7] حيث تتحرك الكاميرا مسافة إجمالية كبيرة جداً بين بداية ونهاية عملية التصوير لتعطي تأثير يشبه حركة tracking،[11] وتتوقف سرعة حركة الكاميرا التي تظهر في الفيديو النهائي على مسافة تحريك الكاميرا بعد تصوير كل لقطة ثابتة، فكلما زادت هذه المسافة، كلما كانت سرعة حركة الكاميرا التي تظهر في الفيديو النهائي عالية، وكلما نقصت المسافة التي تتحركها الكاميرا بعد كل لقطة ثابتة كلما كانت سرعة حركة الكاميرا التي تظهر في الفيديو النهائي أبطأ وأنعم. ومن الأمور الهامة جداً لتنفيذ تقنية hyperlapse هو كيفية إيجاد وسيلة لقياس وتثبيت المسافة التي نحرك فيها الكاميرا بعد كل لقطة، فعلى سبيل المثال إذا كان حامل الكاميرا ثلاثي الأرجل موضوع على أرضية مكسوة بالبلاطات، فيمكن الاستعانة بطول البلاطة كمسافة ارشادية نحرك فيها الكاميرا في خط مستقيم بعد كل لقطة بمقدار بلاطة أو اثنتين أو ثلاثة في الاتجاه المطلوب ونحافظ على ثبات المسافة بين جميع اللقطات. أما في الحالات التي لا تكون فيها الأرض محددة بأي خطوط ارشادية فيمكن الاستعانة بشريط قياس وقطعة من الطبشور لوضع علامات على الأرض ننقل إليها أرجل الحامل بعد كل لقطة، مع مراعاة أن تكون هذه العلامات خفيفة حتى لا تظهر واضحة في الفيديو النهائي.[7]

وتجدر الإشارة إلى أن الحالات التي تتحرك فيها الكاميرا لمسافة قصيرة وهي مثبتة على أحد وسائل التثبيت التي تسمح بحركة محدودة للكاميرا أثناء التصوير، يطلق عليها time-lapse وليس hyperlapse.[11] كأن يتم تثبيت الكاميرا على حامل بموتور كما يظهر في شكل (١١) يتحرك وفقاً لمؤقت زمني يسمح بدوران الكاميرا حول محورها أثناء التصوير في مدى دورة كاملة ٣٦٠ درجة خلال ساعة واحدة.[16]

أو تثبيتها على حامل منزلق slider بموتور يعمل ببطارية يقوم بتحريك الكاميرا بشكل متقطع بحيث لا يتم التقاط الصورة إلاَّ في لحظة ثبات الكاميرا، ثم تتحرك مسافة أخرى ويتم تصوير اللقطة التالية وهكذا. كما توجد حوامل منزلقة تتيح نوعين من حركة الكاميرا في نفس الوقت؛ حيث تسمح بدوران الكاميرا حول محورها أثناء حركتها الأفقية بطول الحامل كما يظهر في شكل (١٢). وتوجد أيضاً حوامل منزلقة تسمح بتحريك الكاميرا يدوياً بين اللقطات.[17]

١٠- برامج الكمبيوتر المستخدمة في تنفيذ تقنية تسريع الحركة: Time-Lapse Software

هناك العديد من برامج الكمبيوتر التي تسهل الحصول على ملف فيديو نهائي منفذ بتقنية التصوير المتقطع لتسريع الحركة، وهي تشتمل على أربعة أنواع من البرامج:

- برامج تتيح ربط الكاميرا بجهاز الكمبيوتر tethering للتحكم في عملية التصوير من خلال الكمبيوتر دون الحاجة للمس الكاميرا مثل برامج:

GBTimelapse, DSLR remote Pro, DSLR Assistant. (8-p.27)

- برامج معالجة الصور الرقمية لضبط الألوان والتباين والحدة والتشبع اللوني والتعريض وغيرها من العناصر التي يتم ضبطها في الصور الفوتوغرافية الرقمية مثل برامج:

Adobe Lightroom, Photoshop Elements, Camera Raw

- برامج تحقيق التجانس الضوئي بين اللقطات المختلفة de flickering software :مثل برامج

LRTimelapse, GBDeflicker,.

- برامج دمج الصور الثابتة في ملف فيديو واحد مثل برامج(18).

Aftereffects, LRTimelapse, Photolapse, Premiere Pro, Quicktime Pro, VideoMach, VirtualDub

شكل(١١) حامل يسمح بدوران الكاميرا حول محورها ٣٦٠ درجة

شكل(١٢) حامل منزلق يسمح بدوران الكاميرا حول محورها أثناء حركتها الأفقية

١١- التطبيق العملي:

تم تصوير الموضوع المعروض في شكل (١٣) وهو تسجيل لعملية ذوبان قطعتين من الثلج على سطح الرمل. واللقطات المعروضة في الشكل هي اللقطات رقم ١ و ٣٠٠ و ٥٧٨.

لقطة رقم ١ **لقطة رقم ٣٠٠** **لقطة رقم ٥٧٨**

شكل(١٣) تسجيل مراحل ذوبان الثلج

١١ـ ١ـ ظروف عملية التصوير:

- المدة الإجمالية لذوبان الثلج: ١١٦ دقيقة.
- الفترة الفاصلة بين تصوير كل لقطة والتي تليها: ١٢ ثانية.
- العدد الإجمالي للقطات المصورة: ٥٧٨ لقطة.
- قوة التحديد للقطة الثابتة: ٢٦٢٤x٣٩٣٦ بيكسل.
- صيغة ملف الصورة: Raw (NEF).
- فتحة العدسة: F/22
- سرعة الغالق: 1.3 sec.
- نظام التعريض: Manual
- ضبط الوضوح: Manual
- الاستجابة الضوئية: ISO-200
- البعد البؤري للعدسة: 46 mm
- نوع الكاميرا: Nikon D750
- تم التحكم في عملية التصوير من خلال الخاصية المدمجة مع الكاميرا: Interval timer shooting
- نوع الإضاءة المستخدمة: Tungsten

١١ـ ٢ـ معالجة الصور الفوتوغرافية:

- تم إجراء معالجة اللون والتباين والتعريض لصورة واحدة فقط ثم تم نسخ إعدادات المعالجة وتطبيقها على باقي الصور، باستخدام برنامج: Adobe Lightroom Classic CC.
- ثم تصدير جميع الصور بصيغة jpeg. باستخدام نفس البرنامج.

١١ـ ٣ـ دمج الصور في ملف فيديو واحد:

- تم دمج جميع الصور في ملف فيديو واحد بقوة تحديد Full HD ١٩٢٠x١٠٨٠ بيكسل باستخدام برنامج Adobe Premiere Pro 2018. حيث تم التحكم في مدة عرض اللقطة الثابتة الواحدة بحيث تكون إطار واحد فقط، وتم ضبط إعدادات تتابع الخط الزمني time line sequence بحيث يعرض البرنامج ٦٠ إطار ثابت في الثانية الواحدة. فأصبحت مدة العرض النهائية للحركة ١٩ ثانية، أي أن نسبة تسريع الحركة في الصورة النهائية تساوي ٣٦٦ ضعف السرعة الحقيقية لذوبان الثلج. وتم عرضها بشكل عكسي reverse بحيث تظهر قطعتي الثلج وهما تتشكلان على سطح الرمل.
- ثم تم عرض الفيديو بالترتيب الطبيعي للقطات المصورة ولكن مع تسريع حركة الفيديو بحيث يعرض في ٦ ثوان فقط، أي أن نسبة تسريع الحركة في الفيديو النهائي تساوي ١١٦٠ ضعف السرعة الحقيقية.
- ثم تم عمل قطع crop في الصورة اعتمادا على قوة تحديد الصورة الثابتة العالية وتم تكرار ما حدث مع الصورة الكاملة في الخطوتين السابقتين، بحيث تم العرض بشكل عكسي بنسبة تسريع ٣٦٦ ضعف السرعة الحقيقية، ثم العرض بالترتيب الطبيعي مع نسبة تسريع ١١٦٠ ضعف السرعة الحقيقية. فكان شكل الحركة في الأربع حالات كما يظهر في الفيديو المعروض في الرابط التالي:

https://www.youtube.com/watch?v=J2Jix7xRF7Q

النتائج: Results

١. تقوم تقنية التصوير الرقمي المتقطع لتسريع الحركة time-lapse على تصوير مجموعة من الكادرات الثابتة للحدث الذي يتم تصويره، بحيث يفصل بين عملية التقاط كل كادر منهم والذي يليه فترة زمنية ما، وعند عرض هذه الكادرات بشكل متتالي، تزيد سرعة الحدث الذي تم تصويره كثيراً عما هي عليه في الواقع، فتظهر السحب وهي تتحرك بسرعة كبيرة عبر السماء، ويتحول النهار إلى ليل في ثوان معدودة، وتتفتح الزهور في لحظات.

٢. تستخدم تقنية time-lapse في تصوير الأحداث والموضوعات التي تتحرك في الواقع ببطء شديد لا يتيح تأمل تفاصيل وخصائص حركتها. والتأثير الذي تحدثه هذه التقنية على شكل الحركة يمنحنا رؤية للحياة من منظور جديد ومميز، حيث إن هذا الإدراك الزمني المختلف للحركة، يمنحنا فهماً جديداً للأحداث التي يستغرق حدوثها في الواقع ساعات أو أيام، بينما نراها مختزلة على الشاشة في لحظات.

٣. لقد فتحت تقنية time-lapse آفاقاً رحبة لدراسة وفهم العديد من الموضوعات في فروع العلم المختلفة مثل الجيولوجيا والفلك والنبات والأحياء المجهرية وتعفن الفاكهة وانقسام الخلايا وحركة الأنهار الجليدية وغيرها من الموضوعات التي أتاحت لنا فهم العالم من حولنا بشكل أعمق.

٤. كل موضوع تكون له الفترة الزمنية الفاصلة التي تحقق أفضل نتيجة نهائية لشكل الحركة، نظراً لأنه كلما زادت الفترة الزمنية الفاصلة بين تصوير كل لقطة ثابتة واللقطة التي تليها، فإن ذلك يعني أن معدل تصوير اللقطات في الثانية الواحدة سوف يقل كثيراً عن 24 fps، وبالتالي سوف تزيد سرعة الحركة كثيراً عند العرض النهائي. والعكس صحيح.

٥. بظهور تكنولوجيا التصوير الرقمي أصبح في الإمكان تنفيذ تقنية time-lapse أيضاً باستخدام الكاميرات الفوتوغرافية الرقمية، وليس فقط باستخدام الكاميرات السينمائية التقليدية التي تسمح بتصوير كادر منفرد frame by frame. الأمر الذي ساهم كثيراً في شيوع وانتشار هذه التقنية، وسهل أيضاً من إمكانية التحكم في النتائج النهائية لسرعة الحركة من خلال برامج الكمبيوتر المتخصصة في دمج مجموعة اللقطات الفوتوغرافية الثابتة في ملف فيديو واحد.

٦. تتميز الكاميرات الفوتوغرافية الرقمية العاكسة DSLR بقوة تحديدها العالية resolution والتي تزيد

كثيراً عما نحتاجه لعمل ملف فيديو نهائي بقوة تحديد Full HD أو حتى 4K. وبالتالي فإن ذلك يعطي إمكانية لعمل العديد من المؤثرات في مرحلة معالجة ملف الفيديو، كأن نحاكي حركات pan أو zoom مما يمنح قدراً من الحيوية للفيديو الذي تم تصويره في الأصل من منظور ثابت. وتعرف هذه النوعية من المؤثرات باسم تأثير Ken Burns.

٧. إن الحفاظ على تعريض صحيح لجميع الصور المستخدمة في تنفيذ تقنية time-lapse ضروري جداً للحصول على صورة متحركة نهائية متجانسة، حيث إن أي تغيير في تعريض أي صورة أو مجموعة من الصور خلال التتابع الإجمالي للصور الملتقطة للحدث سوف يظهر بشكل سيء في الصورة المتحركة النهائية التي تجمعهم. ونظراً لأن تقنية التصوير المتقطع تعتمد في الأساس على التصوير لفترات زمنية طويلة، فإن ذلك يزيد من احتمالية تغير مستوى الضوء بالشدة أو الضعف أثناء تصوير اللقطات المتتالية.

٨. تتشابه تقنية hyperlapse مع تقنية time-lapse في أنها تعتمد على تصوير مجموعة من اللقطات الثابتة لحدث ما ثم يتم دمج هذه الصور في ملف فيديو واحد لتظهر فيه الأجسام وهي تتحرك بسرعة أعلى كثيراً مما هي عليه في الواقع. إلاّ أنه في حالة تقنية hyperlapse يتم تحريك جسم الكاميرا أيضاً بعد تصوير كل لقطة ثابتة، حيث تتحرك الكاميرا مسافة إجمالية كبيرة جداً بين بداية ونهاية عملية التصوير لتعطي تأثير يشبه حركة tracking. أما الحالات التي تتحرك فيها الكاميرا لمسافة قصيرة وهي مثبتة على أحد وسائل التثبيت التي تسمح بحركة محدودة للكاميرا أثناء التصوير، مثل الحامل المنزلق slider فيطلق عليها time-lapse وليس hyperlapse.

التوصيات: Recommendations

لتحقيق أفضل النتائج عند تنفيذ تقنية التصوير الرقمي المتقطع لتسريع الحركة، يجب مراعاة الاعتبارات التالية:

١. أن تتم دراسة طبيعة الحدث جيداً قبل البدء في التصوير، وذلك بجمع المعلومات الوافية عن مكان التصوير وطبيعة الحدث والأحوال الجوية يوم التصوير ومسار الحركة، والوقت الإجمالي الذي يستغرقه الحدث، ودراسة احتمالات تغير بيئة التصوير خلال تسجيل الحركة، مثل الإضاءة والطقس ومسارات المرور.

٢. أن تتم تجربة تصوير بعض اللقطات للحدث قبل التنفيذ الفعلي، لاختبار صحة التعريض وشكل الحركة وتحديد ما إذا كانت هناك حاجة لتعديل الفترة الزمنية الفاصلة بين تصوير كل كادر والذي يليه. فهذا الإجراء ضروري جداً لتلافي الهدر في الوقت والجهد والمال، كما أنه يساعد على وضوح الفكرة ويزيد من القدرة على حل المشكلات التي قد تطرأ أثناء التنفيذ الفعلي.

٣. عند ضبط التكوين للموضوع الذي سوف يتم تصويره يجب الحرص على وجود أجزاء ثابتة داخل إطار الصورة، بمعنى ألاّ تكون جميع الأجسام داخل الصورة متحركة، وإلاّ سوف يضيع تركيز المشاهد ولن تكون النتيجة مرضية على الإطلاق.

٤. أن تتيح الكاميرا المستخدمة في التصوير المتقطع التحكم اليدوي الكامل في إعداداتها المختلفة، مثل سرعة الغالق وفتحة العدسة وضبط الوضوح وضبط التوازن اللوني، حتى لا يحدث لها أي تغيير أثناء التصوير. ويفضل أن تشتمل كذلك على خاصية الرؤية المباشرة live view.

٥. أن يتم شحن بطارية الكاميرا، واستخدام شريحة ذاكرة ذات سعة تخزينية تتناسب مع العدد الإجمالي للقطات المصورة.

٦. يفضل عدم استخدام قوة التحديد القصوى للكاميرا الفوتوغرافية الرقمية، واستخدام قوة التحديد المتوسطة medium وهو ما يكفي للحصول على ملف فيديو نهائي بقوة تحديد 4K، مع وجود هامش يسمح بعمل تأثيرات محاكاة لحركاتpan وzoom. ونكون بذلك قد خفضنا من حيز الذاكرة المطلوب لتخزين الصور إلى النصف تقريبا، مع زيادة قدرة الكمبيوتر على تنفيذ أوامر المعالجة المختلفة بسرعة أكبر.

٧. يفضل استخدام العدسات قصيرة البعد البؤري wide angle أو العدسات متوسطة البعد البؤري normal. وفي الحالات التي تتطلب استخدام عدسة طويلة البعد البؤري telephoto، تجب مراعاة أن السرعة النسبية للأجسام سوف تظهر أسرع مما هي عليه في الواقع بسبب ضيق زاوية العدسة، الأمر الذي لابد من تعويضه عند اختيار الفترات الفاصلة بين اللقطات بحيث تكون أقل.

٨. يفضل استخدام فتحة عدسة ضيقة لزيادة عمق الميدان في الصورة لضمان عدم خروج الموضوعات الأساسية من الوضوح out of focus.

٩. يفضل عدم لمس الكاميرا مطلقاً بمجرد أن تبدأ عملية تصوير اللقطات وحتى تنتهي. لتجنب ظهور ارتجاجات غير مرغوب فيها vibrations في الفيديو النهائي. ولتحقيق ذلك فيجب ضبط جميع إعدادات الكاميرا بشكل نهائي قبل التصوير. أو باستخدام أحد البرامج التي تتيح ربط الكاميرا بجهاز الكمبيوتر tethering للتحكم في عملية التصوير بالكامل من خلال الكمبيوتر دون الحاجة للمس الكاميرا.

١٠. لتحديد الفترة الزمنية الفاصلة بين تصوير اللقطات يجب أولاً تحديد الزمن الفعلي الذي يستغرقه وقوع الحدث أو الحركة التي سيتم تصويرها، أي المدة الإجمالية لعملية التصوير. وثانياً يجب تحديد الزمن

الإجمالي لعرض الفيلم النهائي الذي يشتمل على تتابع الصور الثابتة. ثم نقوم بتحديد الفترة الزمنية الفاصلة بقسمة زمن وقوع الحدث بالثانية على العدد الإجمالي للكادرات المطلوب تصويرها.

١١. أن يتم تصوير عدد من اللقطات يزيد بنسبة ٢٠% عن العدد الإجمالي للقطات المطلوبة، وذلك لضمان الحصول على لقطات كافية في حالة ما إذا تحرك الموضوع بسرعة أكبر من المتوقع أثناء التصوير، كما أنه يمكن دائماً أن يتم تسريع الحركة قليلاً في المونتاج في حالة تصوير عدد أزيد من اللقطات، أما إبطاء الحركة في حالة الفترات الزمنية الطويلة بين تصوير اللقطات فقد يؤدي إلى فقد نعومة الحركة للموضوع المصور، فيظهر وكأنه يقفز من موضع لآخر.

١٢. للتحكم في ثبات الفترة الزمنية بين اللقطات يجب أن يتم توصيل الكاميرا بجهاز خاص للتحكم في الفترة الزمنية الفاصلة بين تصوير اللقطات intervalometer تتم برمجته للتحكم في الكاميرا أثناء تنفيذ تقنية التصوير المتقطع إذا لم تكن هذه الخاصية مدمجة بداخلها built in. أو بتوصيل الكاميرا بجهاز كمبيوتر مزود بأحد البرامج التي تتيح التحكم في عملية التصوير المتقطع. أو باستخدام أحد تطبيقات الهواتف الذكية المصممة للتحكم في عملية التصوير مع كاميرات DSLR.

١٣. أن يتم استخدام سرعات غالق بطيئة نسبياً في تصوير اللقطات الثابتة حتى نحافظ على نعومة الحركة بين اللقطات المتعاقبة عند العرض ويكون الإحساس بالحركة طبيعي بالنسبة للعين. وعدم استخدام سرعات غالق سريعة جداً لأنها تؤدي إلى ظهور الأجسام وكأنها تقفز من موضع لآخر عند العرض ولا تتحرك بنعومة وهو أمر غير منطقي.

١٤. أن تكون سرعة الغالق المستخدمة في تصوير كل لقطة مناسبة للفترات الزمنية الفاصلة بين تصوير اللقطات، فعلى سبيل المثال إذا كانت الفترة الفاصلة بين تصوير كل لقطة والتي تليها هي ١٠ ثواني، فيمكن في هذه الحالة أن يتم اختيار سرعة الغالق في مدى يتراوح بين ٨ ثواني وأي قيمة أخرى أسرع من ذلك وليست أبطأ. فلا يمكن أن تكون مثلاً سرعة الغالق في هذه الحالة تساوي ١٠ ثواني نظراً لأنه يجب مراعاة ترك فرصة للغالق لكي يفتح ويغلق مرة أخرى.

١٥. يفضل عند التصوير بسرعات غالق بطيئة أن يتم تفعيل خاصية mirror lock-up والتي تتيحها معظم كاميرات DSLR، حيث تفيد في تجنب الاهتزاز البسيط الذي قد تحدثه حركة مرآة الكاميرا عندما تتحرك لأعلى قبل بدء تعريض كل لقطة.

١٦. تجنب ضبط التعريض عن طريق تغيير فتحة العدسة بين اللقطات المختلفة حتى لا يتغير عمق الميدان depth of field أثناء العرض النهائي، ويفضل أن يتم ضبط التعريض من خلال تغيير سرعة الغالق. الأمر الذي قد يستلزم استخدام مرشح كثافة محايدة ND للتصوير في ضوء الشمس. وفي الحالات التي يتعذر فيها إبطاء سرعة الغالق أكثر من حد معين بسبب تعارضه مع الفترة الزمنية الفاصلة للتصوير بين اللقطات interval يفضل أن نلجأ إلى ضبط التعريض من خلال تغيير الاستجابة الضوئية iso.

١٧. يفضل استخدام صيغة raw والتي تتيح مدى واسع جداً من المعالجات اللاحقة للصورة، ويفضل عمل المعالجة لصورة واحدة فقط من جميع اللقطات المتعاقبة التي تم تصويرها ثم نسخ إعدادات المعالجة وتطبيقها على باقي الصور في خطوة واحدة بواسطة أحد البرامج التي تدعم ذلك مثل Adobe Lightroom.

١٨. لعلاج اختلافات التعريض التي حدثت بالفعل بين اللقطات المصورة يتم تصدير جميع اللقطات إلى أحد البرامج التي بها خاصية تحقيق التجانس الضوئي بين اللقطات المختلفة de flickering software مثل برنامج LRTimelapse أو برنامج GBDeflicker.

References

- **Books:**

1. Blain Brown, “Cinematography: Theory and Practice: Image Making for Cinematographers and Directors”, second edition, ELSEVIER INC., 2012.
2. James Ball, Robbie Carman, Matt Gottshalk, and Richard Harrington، “From Still to Motion: A photographer’s guide to creating video with your DSLR”, New Riders, 2010.
3. Steven Ascher & Edward Pincus, "THE FILMMAKER’S HANDBOOK: A COMPREHENSIVE GUIDE FOR THE DIGITAL AGE", FOURTH EDITION, A PLUME BOOK, 2013.
4. Tom Gasek, "Frame-by-Frame Stop Motion: The Guide to Non-Traditional Animation Techniques", Elsevier Inc., 2012.

- **Internet Sites:**

5. Anna Possberg, " Practical Considerations For Time-Lapse Photography", January 9, 2015.

https://luminous-landscape.com/practical-considerations-time-lapse-photography/

6. David Baxter, " What Are the Best Settings for Time-Lapse Photography?" https://expertphotography.com/best-time-lapse-settings-photography/

7. Kevin D. Jorda, " How to Create Silky Smooth Hyperlapse Photography Using Adobe Premiere Pro". https://improvephotography.com/42704/create-silky-smooth-hyperlapse-photography-using-adobe-premiere-pro/

8. Ryan Chylinski, "Time-lapse Photography: A Complete Introduction to Shooting, Processing, and Rendering Time-lapse Movies with a DSLR Camera, 2013. https://www.learntimelapse.com/

9. Ted Kinsman, " Time-Lapse Introduction and theory", June 2006. http://www.sciencephotography.com/faq_chap1.pdf

10. Trevor Awalt, "Introduction to Time-lapse Photography", April 14,2015. https://bridgewaterphotographicsociety.files.wordpress.com/2015/04/introduction-to-time-lapse-photography-v1-2-april-14-2015-trevor-awalt.pdf

11. https://www.instructables.com/id/How-to-make-hyperlapse/

12. https://www.aliexpress.com/item/VILTROX-Timer-Remote-Control-Shutter-Time-Lapse-Intervalometer-with-C3-Cable-used-for-Canon-1D-Series/32649664016.html

13. http://www.natalia-robba.com/myblog/tutorial/time-lapse-photography-the-dos-and-donts

14. https://www.slrlounge.com/workshop/using-mirror-up-mode-mirror-lockup/

15. http://www.granitebaysoftware.com/Products/ProductGBD.aspx

16. https://clicklikethis.com/gopro-time-lapse/#tutorials

17. https://rhinocameragear.com/collections/camera-sliders

18. https://www.learntimelapse.com/time-lapse-software/

19. https://gopro.com/compare

Abstract

Time-lapse photography depending on shooting a numbers of still frames of the event being filmed, separating the capture process of each of them, followed by a period of time, and when these frames are displayed sequentially, the speed of the event being filmed is much higher than it is In fact, clouds appear as they move very fast across the sky, and the day turns into a night in a few seconds, and the flowers bloom in moments. This different temporal perception of movement gives us a new understanding of the events that take hours or days, while we see them on the screen in moments. With the advent of digital imaging technology, time-lapse technique can be implemented with digital photography cameras, not only using cine cameras can shooting frame by frame. Which has contributed greatly to the prevalence and spread of this technology and facilitated the possibility of controlling the final results of the speed of movement through editing software. There are many factors that influence the appearance of the motion that is produced by time-lapse technique. The problem of research is that failure to control these factors appropriately to the nature of the subject being filmed will appear in result not being achieved for the purpose of shooting. Therefore, the research aims to identify the considerations that should be followed to accelerate the movement based on the capture of digital still shots separated by interval time between them, and then merged using the computer programs in a single video file, to determine the most appropriate procedures and settings that achieve the result required.

Keywords:

Time-Lapse, Hyperlapse, Digital Photography, Fast Motion, Intervalometer.