دراسة تطور آلات التصوير كبيرة ومتوسطة الحجم فى ظل التكنولوجيا الرقمية الحديثة

A Study on the Development of large and Medium Format Cameras in Digital Image Technology

د. أسماء فتحى عبدالحميد رومية

مدرس بقسم الفوتوغرافيا والسينما والتلفزيون- كلية الفنون التطبيقية- جامعة حلوان- القاهرة- مصر

asmaafathyromya@yahoo.com

ملخص البحث: Abstract

يواجه المصورين المحترفين بعض المشاكل نتيجة استخدام الكاميرات صغيرة الحجم مثل العيوب المنظورية وظهور الموضوع المصور غير واضح بكل تفاصيله عند ميل الموضوع بزاوية أمام العدسة وغيرها من المشاكل لذا كانت مشكلة البحث والهدف الرئيسى لهذه الدراسة هو ضرورة معرفة التطورات التى حدثت للكاميرات كبيرة ومتوسطة الحجم فى ظل التكنولوجيا الحديثة وأيضا ضرورة معرفة المميزات والخصائص التى تميز تلك الكاميرات عن الكاميرات صغيرة الحجم حتى يتمكن المصور الفوتوغرافي المحترف من اختيار ما يناسبه للحصول على أعلى جودة ممكنة وللتخلص من بعض العيوب التى كانت تنتج من استخدام الكاميرات صغيرة الحجم. واتبع الباحث المنهج الوصفي التحليلى لدراسة التطور الحادث لكل من الكاميرات كبيرة الحجم والكاميرات متوسطة الحجم فى ظل التطورات التكنولوجية الحديثة والمميزات التى تميزت بها تلك الكاميرات عن الكاميرات الصغيرة.

حيث قامت الشركات المصنعة للكاميرات كبيرة ومتوسطة الحجم بتطوير تلك الكاميرات وذلك لأن تلك الكاميرات لها خصائص بنائية تميزها عن الكاميرات صغيرة الحجم حيث تستطيع عمل العديد من الحركات مثل حركة الإرتفاع والإنخفاض Rise and Fall وحركة الإزاحة Shifting وحركة الميل Tilting وحركة الأرجحة Swinging, تلك الحركات تجعلها قادرة على إجراء التعديلات المنظورية واختيار مستوى الوضوح فى الصورة والتحكم فى عمق الميدان ومستوى الحدة, تلك الحركات أيضا تجعل للكاميرا إمكانية تطبيق قانون شايمبفلج Scheimpflug law والذى يسمح بأن يظهر الموضوع المصور واضح بكل تفاصيله حتى لو كان مائل بزاوية أمام العدسة, وقامت أيضا الشركات المصنعة أيضا بتطوير الأسطح الحساسة حيث أصبحت عبارة عن ظهور رقمية Digital backs يتم تركيبها على الكاميرات وذلك حتى يمكن الجمع بين الخصائص البنائية لتلك الكاميرات والتكنولوجيا الرقمية الحديثة وتم زيادة مساحة الأسطح الحساسة المستخدمة حتى تزيد كمية الضوء المسجل على كل بكسل ويزيد المدى الديناميكى, وقامت الشركات أيضاً بتطوير تقنيات عمل الوسائط الحساسة وابتكار نظامى التعريض المتعدد Multi shot تلك الأنظمة تتيح تسجيل معلومات الألوان الكاملة فى كل نقطة من نقاط الصورة بدون الحاجة إلى إستنباط الألوان الناقصة وبالتالى تزداد دقة تسجيل الألوان, ومن أهم نتائج البحث أن تلك المميزات تجعل المصور يفضل هذا النوع من الكاميرات لتحقيق أعلى جودة ممكنة للصورة الرقمية.

كلمات دالة: Keywords

الفوتوغرافيا الرقمية Digital photography, الكاميرات كبيرة الحجم Large format camera, الكاميرات متوسطة الحجم Medium format camera, التعديلات المنظورية Perspective correction, مستوى الوضوح فى الصورة The plane of sharp focus, التعريض المتعدد Multi shot

Paper received 9th August 2022, Accepted 19th September 2022, ublished 1st of November 2022

المقدمة: Introduction

معظم مصورى الفوتوغرافيا المحترفين يستخدمون الكاميرات صغيرة الحجم وذلك لسهولة استخدامها وصغر حجمها إلا أنها أحياناً لا تعطى الجودة المطلوبة خاصة فى مجالات التصوير التجارى والمعمارى وينتج عنها بعض العيوب مثل العيوب المنظورية وعدم ظهور كل تفاصيل المشهد بوضوح إن كان المشهد المصور مائلا بالنسبة للعدسة وعدم الحصول على أعلى جودة ممكنة ولذلك عمل مصنعوا الكاميرات كبيرة ومتوسطة الحجم بتطوير تلك الكاميرات حتى يستطيع المصور المحترف استخدامها والحصول على الخصائص البنائية لتلك الكاميرات مع الحصول على أعلى جودة ممكنة للصورة الرقمية فمثلا قامت الشركات بتصغير حجم تلك الكاميرات حتى يصبح استخدامها أسهل وقامت بصنع ظهور رقمية يتم تركيبها على تلك الكاميرات وبها أسطح حساسة ذات مقاسات كبيرة لزيادة عدد وحجم البكسل كما أنه تم تطوير التكنولوجيا التى تعمل بها تلك الأسطح الحساسة وابتكار نظام الإلتقاط المتعدد الذى يتيح إمكانية التسجيل اللونى للألوان الأساسية R– G– B دون الحاجة إلى استنباط الألوان الناقصة مما يزيد الدقة اللونية كل تلك الخصائص جعلت تلك الكاميرات إختيار ممتاز للحصول على صورة ذات جودة عالية, وفيما يلى سوف نتناول بالتفصيل أهم الخصائص والمميزات التى تتميز بها تلك الكاميرات عن الكاميرات الصغيرة وأهم التطورات التى حدثت فيها فى ظل التكنولوجيا الرقمية الحديثة.

مشكلة البحث: Statement of the Problem

يمكن حصرمشكلة البحث في ضرورة معرفة التطورات التى حدثت للكاميرات كبيرة ومتوسطة الحجم فى ظل التكنولوجيا الحديثة وأيضا ضرورة معرفة المميزات والخصائص التى تميز تلك الكاميرات عن الكاميرات صغيرة الحجم حتى يتمكن المصور الفوتوغرافي المحترف من اختيار ما يناسبه للحصول على أعلى جودة ممكنة وللتخلص من بعض العيوب التى كانت تنتج من استخدام الكاميرات صغيرة الحجم مثل العيوب المنظورية وظهور الموضوع المصور غير واضح بكل تفاصيله عند ميل الموضوع بزاوية أمام العدسة وغيرها من المشاكل التى عملت تلك الآلات على حلها .

تساؤلات البحث:

1- هل تطورت الكاميرات الرقمية كبيرة الحجم ومتوسطة الحجم فى ظل التكنولوجيا الرقمية الحديثة ؟
2- هل للكاميرات الرقمية كبيرة الحجم ومتوسطة الحجم مميزات وخصائص تجعلها تختلف عن الكاميرات صغيرة الحجم ؟
3- هل ساهمت تلك الكاميرات فى التخلص من العيوب والمشاكل التى كانت تواجه المصور عند استخدام الكاميرات صغيرة الحجم ؟

أهداف البحث: Research Objectives

يهدف البحث إلى دراسة وإيضاح التطورات التى حدثت للكاميرات كبيرة ومتوسطة الحجم فى ظل التكنولوجيا الحديثة ومعرفة المميزات والخصائص التى تميز تلك الكاميرات عن الكاميرات صغيرة الحجم وذلك ليتخلص المصور من المشاكل التى كانت تواجهه.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

منهج البحث: Research Methodology

يتبع الباحث المنهج الوصفي التحليلى لدراسة التطور الحادث لكل من الكاميرات كبيرة الحجم والكاميرات متوسطة الحجم فى ظل التطورات التكنولوجية الحديثة والمميزات التى تميزت بها تلك الكاميرات عن الكاميرات الصغيرة.

الإطار النظري: Theoretical Framework

أولا: إمكانية التصحيح المنظورى perspective correction:

كما تحدثنا فإنه يختلف تركيب وبناء الكاميرا كبيرة الحجم عن الكاميرات الصغيرة حيث تتركب آلة التصوير كبيرة الحجم من صندوق مستطيل الشكل يوجد فى مقدمته المجرى الرئيسى flat bed الذى تنزلق عليه عدسة التصوير أما الجانب المقابل من الصندوق فهو يستخدم للرؤية حيث يوجد به الزجاج المصنفر focusing screen والذى يتم من خلاله ضبط الوضوح البؤرى وضبط التكوين أيضا. (Stroebel 1999)

ويتم تحريك العدسة على المجرى الرئيسى flat bed من خلال مفاتيح للتحريك تحرك العدسة للأمام وللخلف كما يظهر فى شكل رقم (1) .

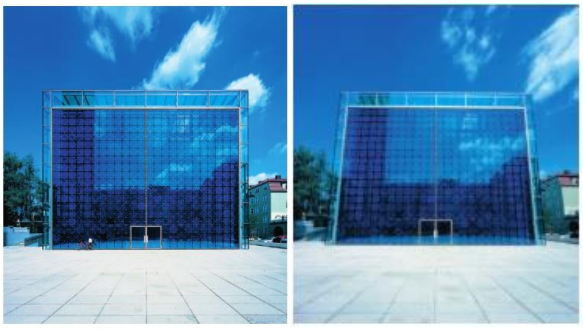
شكل (1) الكاميرا كبيرة الحجم وإمكانية تحريك العدسة على flat bed من خلال مفاتيح التحريك

ويتيح أيضاً هذا النوع من الكاميرات امكانية استطالة هذا المجرى ليتمكن المصور من زيادة المسافة بين العدسة والسطح الحساس لعمل لقطات مقربة close ups وتمكن استطالة هذا المجرى أيضاً المصور بأن يقوم باستخدام عدسات طويله البعد البؤرى حيث تحتاج مسافة كبيرة بين العدسة والسطح الحساس كما يظهر فى شكل (2).

أما الجزء الخلفى والذى يحتوى على الزجاج المصنفر يكون قابل للتحريك أيضاً على مجارى مما يمكن المصور من إجراء التعديلات المنظورية وذلك لإجراء حركات التأرجح الأفقية والرأسية.

ويظهر فى شكل (3) صورة توضح إمكانية الكاميرا لإصلاح العيوب المنظورية عن طريقتلك الحركات فى الكاميرات كبيرة الحجم (Linhof 2022)

شكل (2) حيث يظهر إمكانية استطالة المجرى بين العدسة والسطح الحساس



شكل (3) إصلاح العيوب المنظورية عن طريق حركات الكاميرا

والكاميرات متوسطة الحجم أيضاً لها القدرة على إجراء التعديلات المنظورية وذلك عن طريق محول تم تصنيعة بواسطة شركة Hasselblad ويتم إضافتة حتى يمكن عمل تحريك أفقى ورأسى كما يظهر فى شكل (4), وشكل (5) يوضح التعديلات المنظورية التى يمكن أن تنفذها الكاميرات متوسطة الحجم. (Wildi 2021)

شكل (4) المحول المضاف للكاميرات المتوسطة لإجراء التعديلات المنظورية والمصنع بواسطة Hasselblad

شكل (5) التعديلات المنظورية التى يمكن أن تنفذها الكاميرات متوسطة الحجم

ثانيا: اختيار مستوى الوضوح فى الصورة The plane of sharp focus control والتحكم فى مستوى عمق الميدان ومستوى الحدة controlling the plane of sharpness:

فى الكاميرات صغيرة الحجم يقوم المصور بضبط الوضوح على المستوى البؤرى الذى يختاره والذى يكون موازى لمستوى عدسة آلة التصوير والتى توازى هى أيضاً مستوى السطح الحساس ويكون بذلك قد يكون تم اختيار مستوى الوضوح فى الصورة وتحدد عمق الميدان بحيث تكون تفاصيل الموضوع المصور حادة عند هذه النقطة ويظهر ما أمامها وما خلفها بصورة حادة أيضاً حسب درجة عمق الميدان المستخدمة والتى تحددها العوامل الآتية:

أ – البعد البؤرى للعدسة Focal length

ب – بعد الموضوع المصور عن العدسة Subject distance

جـ - فتحة العدسة Aperture (Linhof 2022)

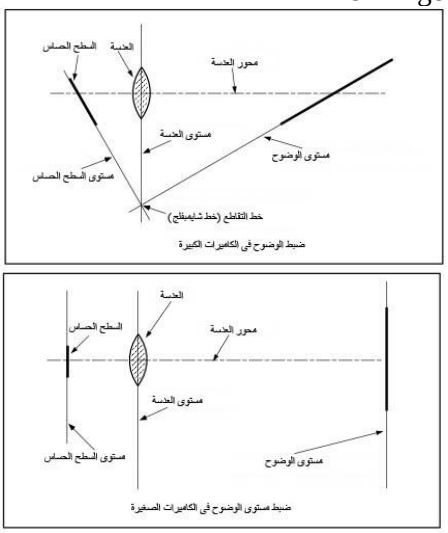
ولكن ماذا لو كان الموضوع المصور موضوع بزاوية بالنسبة للكاميرا؟ كيف يمكن أن تظهر كل تفاصيله واضحة رغم أن مستوى

الموضوع المصور لا يوازى مستوى الكاميرا؟ يعمل تصميم الكاميرات كبيرة الحجم على حل هذه المشكله وذلك عن طريق قانون شايمبفلج Scheimpflug law .

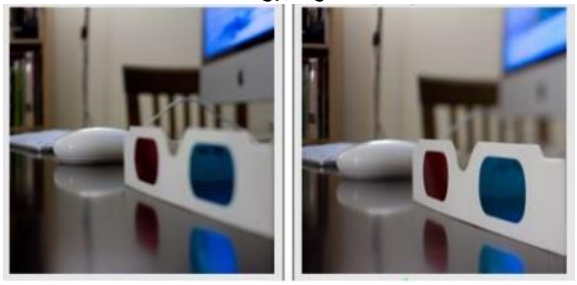
قانون شايمبفلج Scheimpflug law:

والذى يوضح أنه إذا كان مستوى العدسة يوازى مستوى السطح الحساس سيكون مستوى الوضوح أيضاً يوازى كل من مستوى العدسة ومستوى السطح الحساس ولكن إذا كان مستوى العدسة لا يوازى مستوى السطح الحساس فإن ناتج تقاطع مستوى العدسة ومستوى السطح الحساس يكون خط مستقيم فى الفراغ هذا الخط يقابل النقطة التى سوف يتم ضبط الوضوح عليها ويكون هذا الخط هو المستوى الجديد للوضوح وبالتالى يختلف نظام ضبط الوضوح فى الكاميرات الكبيرة عن الصغيرة كما يظهر فى الشكل (6) .

وبالتالى لو كان الموضوع المصور مائل بزاوية ما أمام العدسة فإن الكاميرات كبيرة الحجم تتيح لنا عمل أرجحة أفقية Swing لمستوى العدسة بحيث يلتقى مستوى العدسة مع خط تقاطع مستوى ميل الجسم مع مستوى السطح الحساس وذلك حتى يظهر الموضوع المصور واضح بكل تفاصيله، كما يظهر فى الشكل (7) (M. Merklinger 1992)



شكل (6) الفرق بين ضبط الوضوح فى الكاميرات الصغيرة والكبيرة

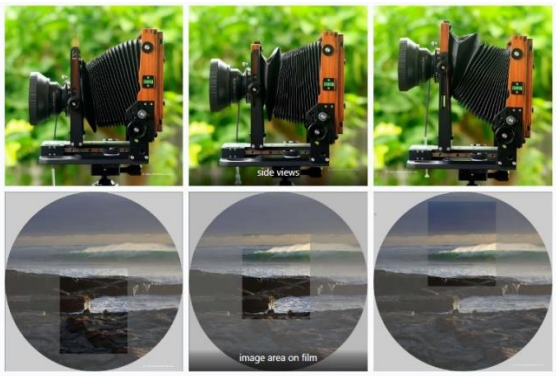


شكل (7) الفرق فى مستوى الوضوح عند استخدام قانون شايمبفلج فى الكاميرات الكبيرة (Konda 2018)

وفيما يلى نوضح بالتفصيل الحركات التى توفرها هذه الكاميرات مثل كاميرات Linhof وWista وSinar وChamonix والهدف الأساسى من هذه الحركات هو إجراء التعديلات المنظورية والتحكم فى مستوى عمق الميدان ومستوى الحدة وهذه الحركات هى:

أ- حركة الإرتفاع والإنخفاض Rise and Fall camera movements :

وهى حركة رأسية لأعلى أو لأسفل وذلك إما عن طريق الجزء الأمامى للكاميرا والخلص بالعدسة هذه الحركة لا تؤثر على شكل الموضوع المصور ولا على عمق الميدان ولكنها تعطى إمكانية تحريك الموضوع المصور داخل محدد الرؤية دون تحريك الكاميرا كما يتضح فى الشكل (8).



شكل (8) حركة الإرتفاع والإنخفاض

ب- حركة الإزاحة shift camera movement :

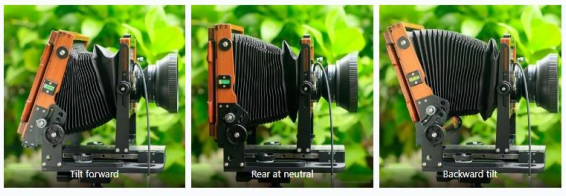
ويتم فيها تحريك الجزء الأمامى أيضاً للكاميرا ولكن بشكل أفقى من جانب لآخر ولا يتغير أيضاً هنا شكل الموضوع المصور ولا عمق الميدان وإنما أيضا يتم تحريك الموضوع المصور داخل محدد الرؤية دون تحريك الكاميرا كما يظهر فى الشكل (9).

شكل (9) حركة الإزاحة

جـ- حركة الميل Tilt camera movement:

ويتم فيها إمالة الجزء الأمامى للكاميرا أو الخلفى أو كلاهما وميل الجزء الأمامى والخاص بالعدسة وتؤدى تلك الحركة إلى تغير شكل الموضوع المصور لذلك تستخدم هذه الحركة لتصليح العيوب المنظورية وميل الجزء الخلفى والخاص بالسطح الحساس ويؤدى إلى إحداث تغيير فى عمق الميدان كما يظهر فى الشكل (10) والشكل (11).

شكل (10) حركة الميل للجزء الأمامى للكاميرا



شكل (11) حركة الميل للجزء الخلفى للكاميرا

د- حركة الأرجحة Swing camera movement:

ويتم فيها أرجحة الجزء الخلفى أو الأمامى للكاميرا بزاوية لليمين أو اليسار وتؤدى تلك الحركة إلى تغير شكل الموضوع المصور لذلك تستخدم هذه الحركة لتصليح العيوب المنظورية وميل الجزء الخلفى والخاص بالسطح الحساس ويؤدى أيضا إلى إحداث تغيير فى عمق الميدان كما يظهر فى الشكل (12) والشكل (13) . (Alexbond 2022)

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

شكل (12) حركة الأرجحة للجزء الأمامى للكاميرا

شكل (13) حركة الأرجحة للجزء الخلفى للكاميرا

ثالثاً: استخدام أسطح حساسة كبيرة:

قبل ظهور التكنولوجيا الرقمية كانت تستخدم هذه الآلات مقاسات فيلمية كبيرة فنجد أن الكاميرات متوسطة الحجم كانت تستخدم أفلام بمقاس120مم وذلك مثل كاميرات Hasselblad وLeica وكانت الكاميرات كبيرة الحجم تستخدم مقاسات فيلمية مثل 4×5 بوصة أو 5×7 بوصة أو 8×10 بوصة وذلك مثل كاميرات Sinar وLinhof وكان الحجم الكبير للفيلم يعمل على زيادة جودة إعادة إنتاجه reproductive quality وإمكانية عمل نسخ مكبرة وعمل قطع فى الصورة crop وتكبير للصورة scale reproduction وذلك مع إعطاء جودة عالية, لذلك كان المصورين المحترفين يستخدمون آلات التصوير كبيرة الحجم فى التصوير التجارى الداخلى والخارجى والمعمارى وآلات التصوير متوسطة الحجم فى التصوير التجارى وتصوير البورتريه, ومع ظهور التصوير الرقمى قامت الشركات المصنعة بمواكبة التطور حتى تستطيع الاستفادة بالخصائص البنائية للكاميرات كبيرة ومتوسطة الحجم حيث قامت الشركات بتصنيع أسطح حساسة كبيرة الحجم فى ظهور رقمية Digital backs كما يظهر فى شكل (14) ويتم تركيبها على نفس الكاميرات المتوسطة وكبيرة الحجم ذلك حتى يمكن دمج الوسائط الرقمية الحساسة مع الكاميرات متوسطة وكبيرة الحجم وتم أيضا تصغير حجم الكاميرا كبيرة الحجم بحيث يمكن تركيب تلك الأظهر عليها كما يظهر فى شكل (15) وبالتالى أمكننا عن طريق الأظهر الرقمية الحصول على صورة رقمية ذات جودة عالية مع الإستفادة أيضا بمميزات وخصائص الكاميرات المتوسطة وكبيرة الحجم, فكلما زاد مقاس السطح الحساس زاد عدد البكسلات وزاد أيضا حجم البكسل نفسه فزيادة حجم البكسل تؤدى إلى زيادة كمية الضوء المسجل على كل بكسل وتحقيق مدى ديناميكى أعلى ودقة كبيرة فى تسجيل الألوان فمثلا فى بعض كاميرات Hasselblad تستخدم سطح حساس 50 mp ويكون مقاس البكسل به 5.3 ميكرون ونفس عدد البكسل فى كاميرات DSLR يكون مقاس البكسل 4.14 ميكرون مما يجعل الأسطح الحساسة للكاميرات المتوسطة والكبيرة تعطى زيادة قدرها 28% من قدرتها على تجميع الضوء وفى الشكل (16)نوضح بعض مقاسات الأسطح الحساسة المستخدمة مع الكاميرات متوسطة الحجم Hasselblad وأسفل كل مقاس موديل الكاميرا المستخدم معه. (Wildi, 2021)

شكل (14) ظهر رقمى لكاميرا متوسطة الحجم Hasselblad H6D-100C

شكل (15) كاميرا كبيرة الحجم تستخدم ظهر رقمى Linhof

شكل (16) المقاسات المختلفة للأسطح الحساسة المستخدمة فى الكاميرات متوسطة الحجم Hasselblad

وحتى نشرح التقنية الجديدة التى تستخدمها الكاميرات المتوسطة وكبيرة الحجم سوف نتناول فى البداية فكرة عمل الوسيط الحساس.

فكرة عمل الوسيط الرقمى الحساس:

تعتمد آلات التصوير الرقمية على وسائط حساسة تسمى وسائط حساسة صلبة (Solid– state device) تتكون تلك الوسائط من شرائح رقيقة من السليكون (silicon chips) والتى تحتوى على الملايين من الوحدات البنائية المكونة للصورة وهى البكسل (Pixel) وهذه البكسلات تكون مرتبة بإنتظام على سطح الوسيط الحساس على هيئة صفوف وأعمدة, كل بكسل يتكون من صمام ثنائى حساس للضوء (Photo sensitive diode) فعندما يسقط الضوء المنعكس من الموضوع المصور على هذا الصمام يعمل على تحويل الفوتونات الضوئية إلى شحنة كهربية وكلما زادت كمية الضوء الساقطة عليه زادت الشحنة الكهربية, لذلك فإن هذه البكسلات تعرف بمواقع الضوء (Photo sites) حيث أن كل عنصر يعبر عن كثافة الضوء فى النقطة المقابلة له فى الموضوع المصور. (Curtin, 2007)

أى أن كل بكسل يعبر عن التغيير فى الإضاءة على هيئة التغيير مقدار الشحنة الكهربية وبالتالى فإن مقدار التغيير فى الشحنات الناتجة لكل بكسل يعبر عن صورة ذات تدرج رمادى , بعد ذلك يتم تحويل الإشارات الكهربية لكل بكسل إلى إشارات رقمية والتى تعبر عن قيمة النصوع لكل بكسل (Brightness). (Padeste, 2005)

كفاءة البكسل ومدى استجابته للضوء Quantum efficiency:

وهى مدى إستجابة البكسل للضوء وتعرف بأنها النسبة بين عدد الالكترونات المولدة فى كل بكسل وبين عدد الفوتونات الضوئية الساقطة عليه فعندما تسقط الفوتونات الضوئية على البكسل يمتص السليكون الطاقة الضوئية لكل فوتون ويحولها إلى الكترون وتتناسب عدد الإلكترونات المتكونة عند كل بكسل بشكل خطي مع كمية الفوتونات الضوئية الساقطة علية وتتناسب بشكل غير خطى مع الطول الموجى للضوء الساقط عليه, وكلما زادت مساحة البكسل كلما زادت المساحة التى يتم استقبال الضوء عليها وبالتالى تزيد الإستجابة الضوئية Quantum efficiency وزادت أيضا الإشارة الخارجة .

ويتم امتصاص الفوتونات الضوئية على سطح السليكون على أعماق مختلفة حسب الطول الموجى للضوء الساقط ويوضح الشكل (17) الأعماق المختلفة بالميكرون التى يمتص عندها الفوتونات الضوئية حسب الطول الموجى.

ولكن يوجد عدة عوامل تؤثر على كفاءة البكسل ومدى استجابته للضوء وبالتالى تؤثر على عدد الإلكترونات الناتجة مثل معامل الإمتصاص والإنتشار للضوء حينما يسقط على البكسل والخصائص الفيزيائية والكيميائية للطبقة العلوية للسليكون (Overlying materials) . (Kenneth R.Spring, 2021)

الطول الموجى بالنانوميتر	العمق
400	0.19
450	1.0
500	2.3
550	3.3
600	5.0
650	7.6
700	8.5
750	16
800	23
850	46
900	62
950	150
1000	470
1050	1500
1100	7600

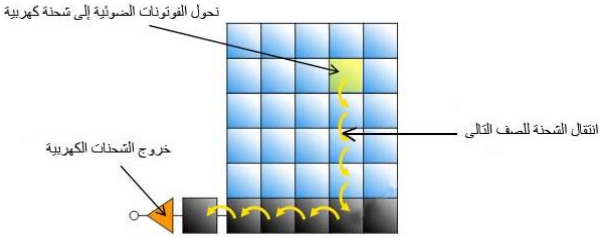
شكل (17) امتصاص الفوتونات الضوئية على أعماق مختلفة لسطح السليكون

أنواع الوسائط الحساسة المستخدمة فى الكاميرات كبيرة ومتوسطة الحجم:

هناك نوعيين أساسيين من الوسائط الحساسة التى يتم استخدامها فى الكاميرات كبيرة ومتوسطة الحجم وهما وسائط الـ(CCD) ووسائط الـ(CMOS) ويستخدم كلاهما تقنيتان مختلفتان لمسح الصورة.

أولاً: وسائط الشحن المتقارن Charge Coupled Devices (CCD) :

وسميت هذه الوسائط بوسائط الشحن المتقارن بسبب الطريقة التى يتم بها قراءة الشحنات بها بعد كل تعريض حيث يتم نقل الشحنة الكهربية الموجودة فى بكسلات الصف الأول إلى مكان يعرف بمسجل قراءة الإشارات الخارجة Read out register ثم يتم نقلها إلى مكبر Amplifier ليتم تكبيرها ثم تنقل إلى محول الإشارة والذى يعمل على تحويل الإشارة من الشكل التناظرى إلى الشكل الرقمى A/D Converter, وحينما يتم قراءة إشارات الصف الأول يتم مسح الشحنات الخاصة به من مسجل قراءة الإشارات الخارجة, ثم تدخل شحنات الصف الثانى إلى مسجل قراءة الإشارات الخارجة وهكذا يتم قراءة الإشارات الخارجة من جميع صفوف البكسلات على الوسيط الحساس فتتكون معلومات الصورة كاملة, وفى هذه التقنية نجد أن شحنات كل صف تكون متقارنة مع شحنات الصف الذى تعلوه حيث أنه عندما تنتقل شحنات الصف إلى أسفل تبدأ شحنات الصف الذى يعلوه بالإنتقال إلى أسفل أيضا لتحل محلها وهكذا إلى أن تخرج شحنات كل الصفوف على الوسيط الحساس لذلك سميت وسائط الشحن المتقارن Coupled ونجد ذلك فى شكل (18). (Curtin, 2007)



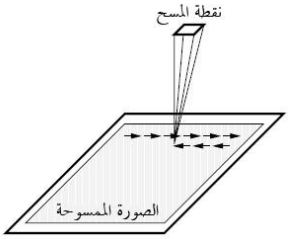
شكل (18) كيفية خروج الإشارة من وسائط CCD (Felber, 2002)

تقنيات مسح الصورة فى وسائط الشحن المتقارن CCD:

هناك ثلاث تقنيات لمسح الصورة فى وسائط CCD وذلك حتى يتم تسجيلها :

أولاً: تقنية المسح النقطى Point scanning:

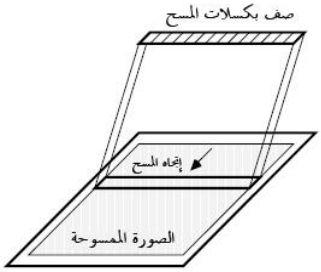
وتستخدم هذه التقنية بكسل واحد حساس للضوء حيث يتم مسح الصورة كنقاط منفصلة بالتتابع حتى يتم اكتمال معلومات الصورة كلها ومن مميزات هذه التقنية الحصول على قوة تحديد عالية resolution لكن يعيبها حدوث بعض الأخطاء فى التسجيل أثناء الحركة من نقطة لأخرى كما فى شكل (19).



شكل (19) تقنية المسح النقطي

ثانياً: تقنية المسح الخطى Line scanning:

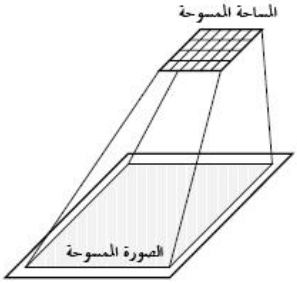
تستخدم هذه التقنية صف كامل من البكسلات الحساسة للضوء حيث يتم مسح الصورة فى اتجاه واحد كما فى شكل (20) ومن مميزات هذه التقنية أنه يتم المسح بشكل أسرع من تقنية المسح النقطى كما أنه يتم الحصول على قوة تحديد أعلى والذى يحدد هنا قوة التحديد هو المسافة بين البكسلات وبعضها ومقاس الوسيط الحساس ولكن يعيبه التكلفة العالية.



شكل (20) تقنية المسح الخطى

ثالثاً: تقنية المساحة Area scanning:

فى هذه التقنية يتم مسح مساحة مكونة من صفوف وأعمدة فيتم مسح الصورة كاملة خلال تعريض واحد فقط حيث يتم تسجيل معلومات بكسلات الوسيط الحساس كلها فى وقت واحد وبالتالى تعطى هذه التقنية إمكانية تصوير عدد أكبر من اللقطات فى الثانية الواحدة وبدقة عالية كما فى شكل (21) . (Kodak, 2010)



شكل (21) تقنية المسح المساحى

ثانياً: وسائط أشباه الموصلات المعدنية Complementary metal oxide semiconductor (CMOS) **:**

وهذا النوع من الوسائط الحساسة هو عبارة عن مجموعة من الدوائر المسبوكة يتم حفرها ودمجها فى رقائق السليكون وهى عبارة عن رقائق الكترونية تحتوى على الآلاف من العناصر الألكترونية التى تسمى أشباه الموصلات المعدنية يتم دمج مهما عدد كبير من الدوائر, وفى هذا النوع من الوسائط يتم قراءة كل بكسل منفردا أى أنه يتم

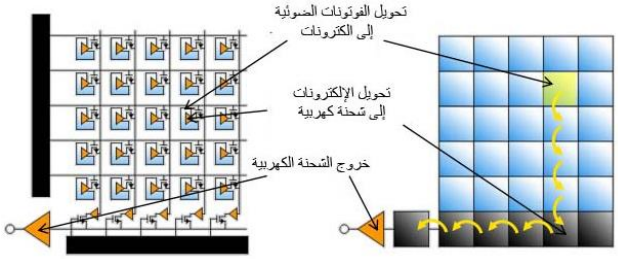
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

معالجة كل بكسل بشكل منفرد مما يحقق استجابة ضوئية أفضل فى حالات الإضاءة المختلفة. (Curtin,2007)

ويتكون كل بكسل على ثلاثة أجزاء هى:

1- سطح حساس يقوم بتحويل الضوء إلى شحنة من الإلكترونات
2- جزء يعمل على تحويل شحنة الإلكترونات إلى جهد كهربى
3- جزء يعمل على تكبير الإشارة الخارجة

وفى وسائط أشباه الموصلات المعدنية نجد أن صفوف البكسلات يتم تغطيتها بشبكة معدنية تعمل على التحكم فى التوقيت وأيضا فى الإشارة الخارجة من عنصر الصورة وتكون الإشارات الخارجة من بكسلات كل عمود مترابطة حتى يتم معالجتها عن طريق الدوائر الإلكترونية الخاصة بقراءة إشارة الخروج والشكل (22) يوضح الفرق بين النوعين من الوسائط الحساسة فى كيفية تحويل الفوتونات الضوئية إلى الكترونات ثم تحويل الإلكترونات إلى شحنة كهربية ثم خروج هذه الشحنة .(H.Titus, 2001)



شكل (22) الفرق بين CCD وCMOS (Ann Holms, 2010)

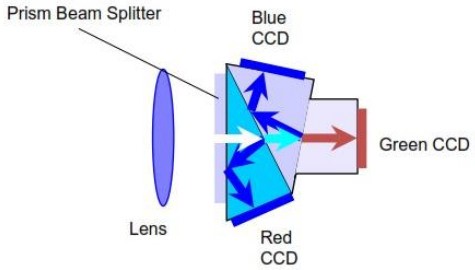
ويتضح مما سبق أن كلا النوعين من الوسائط الحساسة يتكون من بكسلات مصنوعة مواد معدنية شبه موصله حينما تتعرض تلك البكسلات للضوء فإنها تعمل على تحويل الفوتونات الضوئية إلى شحنة كهربية تتناسب مع كمية الضوء الساقطة عليها وفى حالة الوسيط الحساس CCD يتم نقل الشحنة المتكونة فى كل بكسل بشكل متقارن ومتسلسل إلى جزء خاص لتحويل الشحنة الكهربية إلى جهد كهربى, أما فى حالة الوسيط الحساس CMOS فإن الجزء الخاص بتحويل الشحنة الكهربية إلى جهد كهربى موجود فى كل بكسل على حدة ورغم هذا الإختلاف فى التقنية ما بين الوسيطين إلا أن كلاهما يعطى جودة ممتازة ويستخدم كلاهما معظم الشركات المصنعة للكاميرات المتوسطة وكبيرة الحجم فمثلا تستخدم شركات Hasselblad الأسطح الحساسة CMOS بينما تستخدم شركة Sinar الوسيط CCD. (Curtin,2007)

كيفية تسجيل المعلومات اللونية فى الوسائط الحساسة وإعادة إنتاجها:

تعمل الوسائط الحساسة على تحويل الفوتونات الضوئية الساقطة عليها إلى شحنة كهربية تتناسب مع كمية الضوء الساقطة عليها ثم يتم تحويل هذه الشحنة إلى جهد كهربى لكن الوسائط الحساسة غير حساسة للألوان بطبيعتها أى أن السطح الحساس يعبر فقط عن شدة الضوء المنعكسة من أجزاء المشهد المصور, والصورة التى نحصل عليها عبارة عن درجات من الرماديات تعبر عن الكثافات الضوئية المختلفة للمشهد المصور فهى غير قادرة على تحديد نسب الأحمر (R) والأخضر (G) والأزرق .

أولاً: استخدام ثلاثة شرائح منفصلة بتعريض واحد:

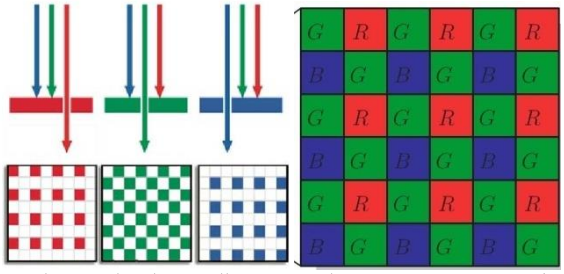
وفى هذه الطريقة يتم استخدام ثلاثة وسائط حساسة للضوء حيث يتم وضع أمام كل وسيط حساس مرشح ضوئى له لون رئيسى حيث يكون كل منهم مخصص لتسجيل أحد الألوان الأساسية الثلاثة ويتم تقسيم الشعاع الضوئى القادم من عدسة التصوير عن طريق قاسم للشعاع (beam splitter) إلى ثلاثة أجزاء بحيث يسقط كل منهم على أحد الأسطح الثلاثة فيتم تسجيل المعلومات الخاصة بكل لون أساسى (R, G, B) فى جميع نقاط المشهد المصور ثم يتم تجميع الثلاثة صور فى صورة نهائية ملونة واحدة كما نرى فى شكل (23), لكن يعيب هذا النظام انخفاض حساسيته للضوء والذى يحدث نتيجة تقسيم الشعاع الضوئى إلى ثلاثة أشعة منفصلة, وأيضا التكلفة العالية نتيجة استخدام ثلاثة شرائح منفصلة. (Brown, 2020)



شكل (23) تشجيل اللون على ثلاثة شرائح منفصلة (Chouinard, 2020)

ثانياً: استخدام شريحة واحدة بتعريض واحد:

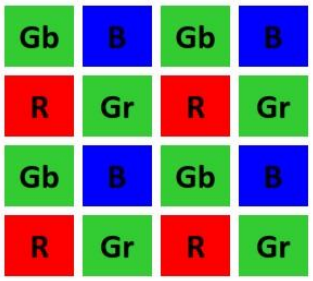
وفى هذه الطريقة يتم استخدام مرشحات ضوئية صغيرة للألوان الأساسية الثلاثة حيث يتم تغطية بكسلات الوسيط الحساس بهذه المرشحات الملونة بشكل تبادلى بحيث يكون كل بكسل مغطى بمرشح للون واحد فقط من الألوان الأساسية الثلاثة وبالتالى فإن كل بكسل يستقبل فقط الضوء الذى له نفس لون المرشح الموضوع فوقه فيسجل البكسل شدة الضوء لهذا اللون فقط أما الألوان الأخرى فيتم امتصاصها ويطلق على هذه الطريقة (CFA) Color filter array كما فى شكل (24) .



شكل (24) طريقة توزيع المرشحات اللونية على الوسيط الحساس باستخدام طريقة CFA

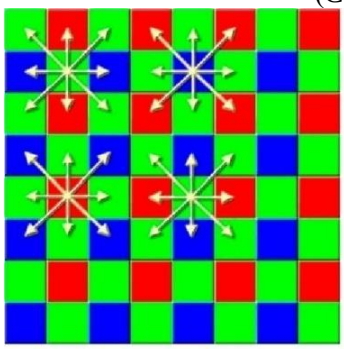
ويتم توزيع المرشحات الملونة على أسطح البكسلات بنمط يسمى Bayer pattern حيث يتم مضاعفة مرشحات اللون الأخضرعن مرشحات الأزرق والأحمر أى أن نصف بكسلات السطح الحساس تكون مغطاه بالمرشحات الخضراء وربع بكسلات السطح الحساس بالمرشحات الحمراء والربع الأخير مغطى بالمرشحات الزرقاء, ويقوم كل بكسل بتسجيل معلومات المعلومات الخاصة بلون المرشح المغطى به. (Curtin, 2007)

ويتم مضاعفة مرشحات اللون الأخضر عن مرشحات الأزرق والأحمر بسبب حقيقة أن منحنى الحساسية الطيفية للعين البشرية يكون فى أقصى حساسيته عند القيمة (550 نانومتر)، وهو الطول الموجى للون الأخضر وحتى نتغلب على مشكلة زيادة تمثيل اللون الأخضر، قامت الشركات المصنعه بعمل طريقة توزيع للمرشحات يستخدم فيها بدلاً من المرشحات الخضراء، مرشحات أخضر- أحمر (GR)، وأخضر- أزرق (GB) كما نرى فى شكل (25). (Chouinard, 2020)



شكل (25) طريقة توزيع المرشحات للتغلب على زيادة تمثيل اللون الأخضر

ثم يقم معالج الصور باستنباط القيمتين الباقيتين للونين اللذين لم يتم تسجيلهما وذلك بإستخدام عناصر الصور المجاورة عن طريق عملية لوغاريتمية, حيث تستخدم هذه الطريقة لوغاريتم حسابى يقوم بتوليد معلومة اللون الناقص فى البيكسل من قيم نفس هذا اللون فى البيكسلات المحيطة بهذا البيكسل وتسمى هذه العملية (Interpolation color algorithm) كما نرى فى شكل (26) (Curtin, 2007)



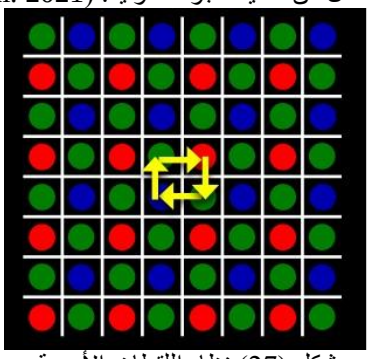
شكل (26) عملية استنباط القيم اللونية الناقصة (Interpolation) color algorithm

تقنية التعريض المتعدد Multi shot technology:

فى نظام اللقطة الواحدة One shot system وهو النظام التقليدي كان كل بكسل يسجل لون أساسى واحد فقط إما الأحمر أو الأخضر أو الأزرق معتمداً على المرشحات اللونية فى نظام CFA ويقوم معالج الصور باستنباط القيمتين الباقيتين للونين اللذين لم يتم تسجيلهما لكن قامت الشركات المصنعة للأسطح الحساسة الخاصة بالكاميرات متوسطة وكبيرة الحجم بتقديم جيل جديد من الكاميرات يعمل بتقنية جديدة وهى تقنية الإلتقاط المتعدد Multi shot technology حيث إن كانت الكاميرا بها سطح حساس بقوة تحديد 100 mp بإستخدام هذه التقنية تجعله يعطى قوة تحديد تصل إلى 400 mp بالتالى فإن الهدف من هذه التقنية هو تحقيق جودة أعلى والحصول على مزيد من التفاصيل والألوان وينقسم إلى طريقتين:

أولاً: نظام اللقطات الأربعة Shot mode – 4:

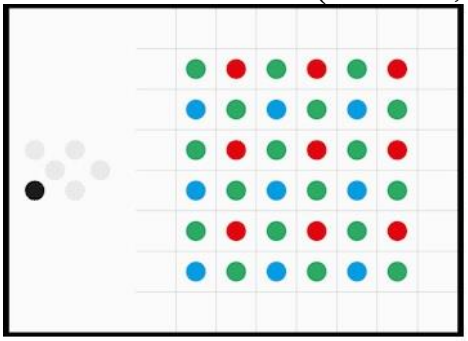
يستخدم هذا النظام سطح حساس تغطى فيه البكسلات بمرشحات لونية تحمل الألوان الرئيسية الثلاثة (R, G, B) بنظام CFA إلا أننا نلاحظ أن عناصر الصورة لا تملأ بالكامل مساحة السطح الحساس ومن ثم فإن بين كل عنصرين من عناصر الصورة مساحة لم تتعرض للضوء عند التصوير ولا يستطيع السطح الحساس تسجيل أى معلومات عن هذه المنطقة الواقعة بين كل عنصرمن عناصر الصورة لعدم احتوائها على مادة حساسة للضوء لذلك فإن الإختلاف الحادث فى هذا النظام والفكرة الرئيسية فيه أنه يعتمد على تحريك السطح الحساس بدقة شديدة وذلك عن طريق روافع دقيقة تعتمد على تكنولوجيا تسمى PIEZO للتحريك الدقيق ويتم التحريك مسافة واحد بكسل (وهى المسافة بين مركزى عناصر الصورة) أربعة مرات متتالية حيث تعمل الدائرة على تحريك السطح الحساس مسافة بكسل واحد أفقياً ثم بكسل واحد رأسياً ثم بكسل واحد أفقياً وأخيراً بكسل واحد رأسياً وبالتالى بعد ما يتم تعريض البكسل المغطى بمرشح أخضر G يتم تسجيل معلومات اللون الأخضر فى النقطة المقابله له فى المشهد المصور ثم يتحرك السطح الحساس بمقدار بكسل واحد بشكل أفقى جهه اليمين فيحل البكسل المغطى بالمرشح الأحمر R محله ويتم التعريض الثانى ليتم تسجيل معلومات اللون الأحمر لنفس النقطة فى المشهد المصور ثم يتحرك السطح الحساس بشكل رأسى إلى الأسفل ليحل البكسل المغطى باللون الأخضر G محله ويتم التعريض الثالث ثم يتحرك السطح الحساس كخطوة أخيرة بشكل أفقى لليسار ليأتى البكسل المغطى بالمرشح الأزرق B مكانه ويحدث التعريض الرابع الذى يتم فيه تسجيل معلومات اللون الأزرق فى المشهد الذى يتم تصويره وبذلك يكون عاد السطح الحساس لوضعه الأول, حيث يتم عمل تعريض فى كل مرة بحيث يسجل الثلاث إشارات اللونية المطلوبة مما يمكن السطح الحساس من تسجيل المزيد من المعلومات اللونية أكثر من نظام اللقطة الواحدة ثم تعمل الدائرة على إعادة السطح الحساس إلى حيث بدأ كما نرى فى شكل (27), ويكون الخرج النهائى للصورة على الأقل 100 mp للصورة وأيضا لا يتدخل معالج الصور لإستنباط أو إيجاد أى تفاصيل لونية من الألوان الأساسية المولدة مما يجعل هذا النظام أدق وأفضل من ناحية الجودة اللونية. (Wildi. 2021)



شكل (27) نظام اللقطات الأربعة

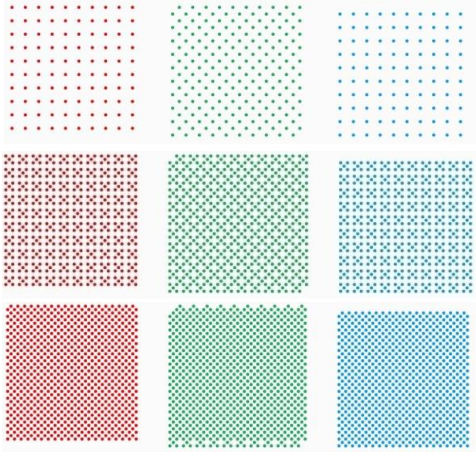
ثانياً: نظام اللقطات الست 6-shot mode:

قامت الشركة المصنعة للأسطح الحساسة Hasselblad بإبتكار الجيل الثانى من أنظمة اللقطات المتعددة وهو نظام اللقطات الستة والهدف من ابتكار هذا الجيل هو الحصول على أقصى قوة تحديد ويستخدمها كاميرات مثل H6D-400MS وهى تستخدم طريقة للإزاحة تجعلنا نحصل على ست تعريضات فى لقطة واحدة تصل بقوة تحديد 23.200 X 17.400 بكسل، وفى هذه الطريقة يتم فى البداية نفس ما حدث فى الظريقة السابقة حيث يقوم السطح الحساس بعمل أربعة تعريضات GRGB ثم يعود السطح الحساس لمكان البداية ثم يتم بعد ذلك التقاط لقطتين آخرتين عن طريق تحريك السطح الحساس لمسافة نصف بكسل أفقياً ثم مسافة نص بكسل رأسياً ثم يتم دمج اللقطات الستة للحصول على أعلى جودة ممكنة وأفضل قوة تحديد كما يظهر فى شكل (28) وبالطبع يصبح هناك فرق فى التغطية اللونية بين كل من تقنية اللقطة الواحدة وتقنية الأربع لقطات وتقنية الست لقطات كما يظهر فى شكل (29). ويوضح شكل (30) فرق الدقة فى التفاصيل بين الثلاث أنظمة وتستخدم هذه التقنيات بشكل كبير لتصوير اللوحات الفنية والمنحوتات وذلك لما تعطيه من حدة عالية ودقة فى الترجمة اللونية لكن لا يمكن أن نستخدمها لتصوير أجسام متحركة, وتستخدم الظهور الرقمية التى تستخدم هذه التقنية الكاميرات متوسطة وكبيرة الحجم مثل كاميرات H6D-400MS وهى متوسطة الحجم و86H Sinarback evolution كما نرى قى شكل (31) و(32) (Hasselblad, 2021).

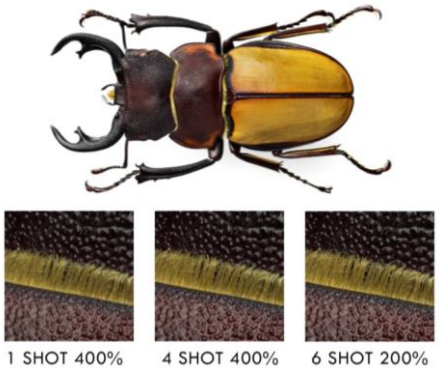


شكل (28) النقاط التى يسير عليها البكسل على السطح الحساس فى نظام الست لقطات

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



شكل (29) الفرق فى التغطية اللونية بين نظام اللقطة الواحدة ونظام الأربع لقطات ونظام الست لقطات



شكل (30) فرق الدقة فى التفاصيل بين الثلاث أنظمة

شكل (31) كاميرا متوسطة الحجم H6D-400MS

شكل (32) الظهر الرقمى للكاميرا كبيرة الحجم Sinarback evolution 86H

النتائج والتوصيات: Results& Recommendation

1- تستطيع الكاميرات كبيرة الحجم إصلاح العيوب المنظورية وذلك عن طريق الحركات المختلفة التى يتيحها التركيب البنائى للكاميرا مثل حركة الإرتفاع والإنخفاض Rise and Fall وحركة الإزاحة Shifting وحركة الميل Tilting وحركة الأرجحة Swinging .

2- تستطيع الكاميرات المتوسطة أيضاً إصلاح العيوب المنظورية بعد إضافة المحول الذى ابتكرته شركة Hasselblad فأصبح لها نفس إمكانية عمل الحركات التى تقوم بها الكاميرات كبيرة الحجم .

3- تتيح الكاميرات كبيرة ومتوسطة الحجم إختيار مستوى الوضوح والتحكم فى عمق الميدان وذلك عن طريق الحركات السابق ذكرها.

4- تستطيع الكاميرات كبيرة ومتوسطة الحجم إظهار المشهد المصور واضح بكل تفاصيله حتى لو كان مائل بزاوية على العدسة عن طريق تطبيق قانون شايمبفلج.

5- تنتج الكاميرات كبيرة ومتوسطة الحجم صورة ذات مدى ديناميكى عالى وقوة تحديد تصل إلى 23.200 X 17.400 بكسل .

6- تنتج الكاميرات كبيرة ومتوسطة الحجم أعلى جودة للتسجيل اللونى للألوان الأساسية R-G-B دون الحاجة إلى استنباط الألوان الناقصة نتيجة استخدام تقنيتى 4-shot mode و-6 shot mode التى تتيحها الوسائط الحساسة المستخدمة فى تلك الكاميرات.

المراجع: References

1- Ann Holms, A. Q. (2010). Complementary metal oxide semiconductor sensors. santa barbra: university of california.

2- Brown, b. (2020). Cinematography: theory and practice, image making for cinematographers and director (third edition ed.). Routlege.

3- Chouinard, J. (2020). The fundmentals of camera and image sensors technology. Baumer LTD.

4- Curtin, D. P. (2007). The text book of digital photography (Second edition ed.). www.shortcourses.com.

5- Felber, P. (2002). Charge-copled devices. Illinois Institute of technology.

6- H. Titus. (2001). Imaging sensors that capture your attention (Sevsor volume(18)- no.(2).

7- Hasselblad. (2021). Hasselblad industrial manual. Hasselblad.

8- Kenneth R.Spring, M. W. (2021). Quantum efficiency. homamatsu .

9- Kodak, C. E. (2010). Charge coupled devices - image sensor.

10- Konda, P. C. (2018). Multi-Aperture fourier ptychographic microscopy. Duke university.

11- Linhof. (2022). Linhof System Manual. 8. Linhof Prazisions system technik.

12- M.Merklinger, H. (1992). The Scheimpflug priciple (part 1 ed.). Shutter bag.

13- Padeste, R. k. (2005). Digital high end photography- basic system technology (edition AG switzerland ed.). Sinar.

14- Alexbond. (2022, April). Alexbond.com.au. Retrieved from Alexbond.com.au: www.alexbond.com.au/understanding-large-format-camera-movment/stormlightpublishing,april,2020.

15- Stroebel, L. (1999). View camera technique (7th ed.). focal press.

16- Wildi, E. (2021). The Hasselblad manual (7th ed.). focal press.