استخدام الجرافيك الرقمي لصنع المشاهد الافتراضية بالأفلام "فيلم أفاتار نموذجا"

USING DIGITAL GRAPHICS TO MAKE VIRTUAL SCENES IN MOVIES "AVATAR MOVIE AS A SAMPLE"

رنا محسن عبد العزيز عويس
قسم الجرافيك – كلية الفنون الجميلة –جامعة حلوان، مصر

Rana Mohsen Abdel-Azize Awais
Department of Graphics - Faculty of Fine Arts - Helwan University, Egypt
ranamohsen3000@gmail.com

الملخص:

ساعد التقدم التقني الذى شهده العالم فى العقود القليلة السابقة فى إستقطاب خيال صناع السينما ؛ لإقتحام آفاق إبداعية و فنية جديدة , من خلال إضفاء جو من الإبهار على الصورة السينمائية و تعدد الأنواع الفيلمية التى أتاح تنفيذها دخول السينما للعهد الرقمى , فأصبح من المستحيل تجسيد أفكار و رؤى صناعها بدون اللجوء الكامل لتقنيات الجرافيك الرقمي لبناء المشاهد الإفتراضية بأفلامهم ، ويهدف البحث إلى التعريف بعلاقة الجرافيك الرقمي بالمؤثرات السينمائية و المحاكاة الافتراضية داخل المشاهد السينمائية ، و دراسة مراحل الإنتاج الرقمية فى الأفلام ، وينتهج البحث المنهج التحليلي الوصفي المعتمد على رصد وتقييم المعلومات المتعلقة بموضوع البحث ، مع تطبيقها لتحليل العينة البحثية المتمثلة في فيلم "أفاتار" ، وينتهى البحث إلى الوصول إلى نتائج وتوصيات توضح أهمية الجرافيك الرقمى و أثره فى دعم الإنتاج السينمائي العربي .

الكلمات المفتاحية:
الجرافيك الرقمي؛ المشاهد الافتراضية؛ فيلم أفاتار .

ABSTRACT:

The technological progress that the world has witnessed in the past few decades has helped capture the imagination of filmmakers; To break into new artistic horizons, By adding an atmosphere of dazzling to the cinematic image and the multiplicity of film genres whose implementation allowed cinema to enter the digital era, It became impossible to embody the ideas and visions of its makers without fully resorting to digital graphic techniques to build virtual scenes in their films. The research aims to define the relationship of digital graphics with cinematic effects and virtual simulation within cinematic scenes, and studying the stages of digital production in films. The research adopts the descriptive analytical method based on monitoring and evaluating information related to the subject of the research Actress in the movie "Avatar". And the research ends with reaching results and recommendations that explain the importance of digital graphics and its impact on supporting local cinema production.

KEYWORDS:

Digital Graphics; Virtual Scenes; Avatar movie.

dtaa21.conferences.ekb.eg
حقوق النشر ٢٠٢١ © المؤتمر DTAA21

١.المقدمة:

الإنتاج السينمائي أحد أكبر الصناعات على مستوى العالم و الذى يعتبر الإبداع أحد ركائزه الأساسية كونه نشاط إبداعي منتشر يملك تأثير ضخم على المتلقى , و لمواكبة متطلبات المشاهدين الفكرية والخيالية ارتبط الفن السينمائي بعلاقة وثيقة بالتطوير التقنى والتكنولوجي , و الذى استطاع صياغة العالم السينمائي مرة آخرى عبر إستقطاب خيال صناعة السينما ، مما فتح آفاق إنتاج لأنواع فيلمية جديدة خارج الشكل المعهود ، و لذلك اعتمدت السينما العالمية كلياً فى الأونة الأخيرة على التقنيات الجرافيكية الرقمية لتجسيد عوالمها ، حيث يكتمل بها الجانب الفنى والجمالى و البصري للعمل السينمائي الذى أكد على الإرتباط الوثيق بين صناعة السينما والتطور التكنولوجى الرقمى الذى إجتاح العالم .

و يتناول هذا البحث علاقة التكنولوجيا الرقمية بالسينما و أنواع المؤثرات السينمائية مع عرض لمفهوم الجرافيك الرقمى و تقنياته ، كما سيتطرق البحث لمراحل الإنتاج الإفتراضية في الأفلام , مع تطبيق كل ما سبق على عينة البحث التي تتمثل في فيلم "Avatar" ، و يختتم البحث بمناقشة مجموعة من الأسباب المرجحة لغياب الجرافيك الرقمي داخل الإنتاج السينمائي العربى .

١,٢ المشكلة البحثية:

حققت السينما العالمية نجاح ساحق فى فن المؤثرات البصرية والتقنيات الرقمية ، و قدمت رؤية متطورة عن المستقبل من خلال الأفلام المنفذة بهم ، و التى دفعت بدورها المختصين على تطوير تلك التقنيات مما قدم منفعة متبادلة بين التقدم التكنولوجي والصناعة السينمائية ، و التي حققت بذلك التقدم أعلى المبيعات و الجوائز العالمية ، و تتضح المشكلة داخل البحث فى تحديد مدى أهمية المحاكاة الافتراضية الرقمية لصناعة المؤثرات البصرية و كافة العناصر الفنية السينمائية و تأثيرها على تكوين الأسلوب الفني للأفلام ، مع توضيح مدى علاقة السينما العربية بذلك التطور التقنى ، و الذي عجزت عن استيعابه ؛ مما حد من الإنتاج العربى السينمائى و قصره على أنماط بدائية من الأفلام غير القادرة على دعم خيال المشاهد و تنميته .

١,٣ أهداف البحث:

يهدف البحث إلى رصد أهمية التقنيات الجرافيكية الرقمية ، و دراسة مكونات الرؤية الإبداعية و طرق توظيفها فى إنتاج الأعمال السينمائية كما يهدف لتحليل واحد من أهم أفلام الخيال العلمي في تاريخ السينما العالمية لما له من أهمية تقنية أعدت على وجه التحديد لتنفيذه وهو فيلم "Avatar" وذلك للإستفادة من مجمل العملية الإنتاجية له بهدف تطبيقها محليا ، مع التأكيد على كيفية تسخير الإمكانيات الجرافيكية الرقمية بشكل عام وفي الفيلم بشكل خاص إلى جوار أساسيات القيم التشكيلية والسينمائية للنهوض بأنماط و أشكال الأفلام السينمائية العربية ، و رصد الأفكار و الحلول و المعالجات التى تتناسب مع إطار الإنتاج العربى .

١,٤ المنهج البحثي:

المنهج الرئيسي المتبع في هذا البحث هو المنهج التحليلي الوصفي ، من خلال البحث الوثائقي الذي يتضمن تجميع و تقييم الحقائق و المعلومات المتعلقة بموضوع الورقة البحثية ، حيث سيتم تحليل أهم العناصر السينمائية و تقنيات الجرافيك الرقمية المستخدمة فى تنفيذ المشاهد الإفتراضية بالأفلام ، مع تحليل عينة فيلمية تدعم البحث .

١,٥ حدود البحث :

الحدود المكانية : الولايات المتحدة الأمريكية .
الحدود الزمنية : من بداية القرن العشرين وحتى سنة البحث .

١,٦ الدراسات السابقة :

هناك عدد قليل من الدراسات باللغة العربية التي تناولت تقنيات الجرافيك الرقمي بالدراسة ؛ حيث أن هذا المجال فى العالم العربى يعانى من العديد من المشكلات و القصور فى الإستفادة من التطور التكنولوجي الرقمي العالمي .

و لقد اعتمدت بعض هذه الدراسات على استعراض التطور التقنى فى التعبير عن شخصيات أفلام الرسوم المتحركة ، و ذلك من خلال دراسة و تحليل مجموعة من نماذج الأفلام لدى شركات مثل ديزني (عامر حسن عيسى (٢٠٠٩)) .

و هناك بعض الدراسات التي اعتمدت على إستعراض لنوعية فيلمية معينة و تأثير الجرافيك على العملية الإبداعية فيها (ماجد مصطفى (٢٠١٤)) .

وهناك أيضا دراسات اعتمدت على عرض مجموعة من التقنيات الرقمية المتنوعة التي تحقق معايير الخلق الإبداعي داخل الأفلام الخيالية ، مع وضع حلول و اقتراحات لتحقيق إمكانية تطبيق هذه المعايير داخل السينما العربية والمصرية (رنا محسن (٢٠١٧)) .

و هناك العديد من الدراسات التى تخصصت فى عرض البرامج الرقمية ثلاثية الأبعاد ، و دورها فى تصميم شخصيات أفلام الرسوم المتحركة (ماجد مصطفى أمين (٢٠١٠)) ، (ثريا محمد (٢٠٠٨)) .

حقوق النشر ٢٠٢١ © |المؤتمر DTAA21 dtaa21.conferences.ekb.eg

٢. الفيلم السينمائى و العهد الرقمي :

مرت السينما بعدة تطورات واكبت عصوراً و ثقافات و جماهير مختلفة ؛ فتطورت خطوة بخطوة لتصل من الرسوم إلى الفوتوغرافية ثم للعروض الصامتة و منها لإضافة الصوت و اللون إلى الشاشة العريضة و حتى شاشة الأبعاد الثلاثية و المحاكاة الافتراضية ، وما زالت التجارب سارية لإضافة استخدام حاسة الشم فى التجربة السينمائية .

و لقد بدأ العهد الرقمى فى سبعينيات القرن العشرين , حيث بدأت المخابرات الأمريكية باستحداث تقنية عسكرية تعتمد على مبدأ إمكانية نقل الصوت عبر اللاسلكي و تطبيق ذلك على الصور , و بدأت هذه التقنية بغرض الحفاظ على السرية التامة للصور و المعلومات الخاصة , و استعانت المخابرات الأمريكية بشركتى (كانون - Canon) و (كوداك - Kodak) و أسندت لهما تنفيذ مشروعها الخاص ، و قد إستحدثت هاتين الشركتين أول شريحة رقمية للصور سعتها (١ ميجا بايت- 1MB) ، وكانت ناسا هى الجهة التالية للمخابرات الأمريكية التي تعاملت مع هذه التقنيات بحكم مهامها و مواجهتها لمشاكل عديدة مع الأفلام التي كانت تفقد منها .

و مع بداية الثمانينيات تم طرح الفوتوغرافية الرقمية لفئات معينة من المدنيين , وذلك ما سبب تنافس ضخم بين الشركات لتطوير التقنيات والآلات الرقمية ؛ لطرحها لجميع شرائح المجتمع بحلول منتصف الثمانينيات .

و منذ ذلك الوقت و قد فرضت التكنولوجيا الرقمية نفسها بشدة على صناعة السينما و المؤثرات الرقمية , ولعل الأثر الفعلي لتطوير التكنولوجيا الرقمية في مجال الصورة السينمائية هو أكبر دليل على التأثير المتبادل بين التقنية و الإبداع , فالسهولة الكبيرة والمرونة التي أتاحتها التكنولوجيا الرقمية و تحققت فى مجال الصورة السينمائية مثلت فى حد ذاتها أساسا ابداعياً (أشرف مصطفى (٢٠١٦م) , ص ٩) .

و فى اواخر السبعينيات كانت التكنولوجيا الرقمية أو المؤثرات الرقمية و هو ما يعرف بـ(الكمبيوتر جرافيك أو الجرافيك الرقمى- CGI) مجرد نظام فى مرحلة الظهور تأسس داخل مؤسسات أكاديمية , و كانت هذه المؤسسات هى الوحيدة التى يمكنها أن تسمح بالاقتراب من برامج الكمبيوتر جرافيك خوفاً من استخدام الصور المستخرجة منها في أغراض مدمرة (مصطفى أمين (١٩٩٩م) , ص ١٦١) .

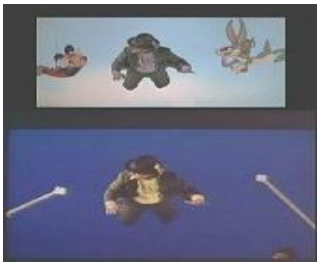
و يمكن تعريف السينما الرقمية ببساطة على أنها تقنية تسجيل و عرض تتعامل مع الصورة على إنها إشارات كهربائية ثنائية , و قد تم الوصول لكاميرات سينمائية رقمية تمكنت من الوصول لجودة أعلى من الكاميرات التقليدية ، و من هنا بدأت الكاميرات الرقمية وأجهزة الكمبيوتر فى تغيير صناعة السينما تغيراً كلياً , حيث استطاعت إتاحة إمكانيات مذهلة لعملية الإنتاج السينمائى , لتواكب بذلك التقدم و التعقيد المستجد فى خبرات و عقلية المشاهدين , فما كان مبهراً بالنسبة لجمهور السينما المبكرة تحول إلى هزل بالنسبة للعقود التالية وذلك ما جعل المشاهدين يتهكمون على سوء الخدع و التنفيذ فى أفلام العصور السابقة لهم , و بدأ الأمر فى الإختلاف مع حدوث طفرة سينمائية تمثلت فى فيلم (A space odyssey 2001) عام ١٩٦٨م وهو أحد أهم الأفلام فى تاريخ السينما الخيالية من إخراج (ستانلى كوبريك- Stanley Kubrick) .

و قد تلى ذلك الفيلم عدة أعمال ساهمت فى تغيير شكل و بناء السينما على مستوى العالم , و لعل أشهر مثال على إستخدام التقنيات الرقمية المبكرة فى عالم السينما هو (Blade Runner) عام ١٩٨٢م و إخراج (ريدلى سكوت - Ridley Scott) عام ١٩٣٧م , و لقد لجأ المخرج لشركة (System Simulation) لتنفيذ مشاهد الكمبيوتر جرافيك بالفيلم , و تعد لقطة هبوط السفينة الفضائية على سطح أحد الكواكب هى أهم لقطة بالفيلم حيث أظهرت بوضوح دور الجرافيك الرقمى فى تنفيذ المشاهد الخيالية بشكل مقنع , و ليصبح المشهد أكثر واقعية و إقناع استعان المخرج بمؤثرات ضوئية رقمية لتقوية المشهد , و لقد استخدمت الألوان و الأصوات التي تم استنباطها من الكمبيوتر فى المشهد فى صور أكثر تنوع فى السينما بعد ذلك .

ثم جاء (ستيفن سبيلبرغ– Steven Spielberg) بفيلم (Tron) عام ١٩٨٠م ، والذي أعد كارثة تجارية تسببت فى إستبعاد إستخدام الكمبيوتر جرافيك بشكل كبير و لسنوات عدة من قبل المنتجين و المخرجين الذين رأوا فى الكمبيوتر جرافيك و الكاميرات الرقمية مخاطرة غير محسوبة , و ذلك بعد أن لقى الفيلم فشل بسبب ضعف السيناريو و إرتفاع تكلفة تنفيذ مشاهد الجرافيك عما كان مقرر لها مما سبب تجاوز الميزانية النهائية المرصودة للفيلم وهى ١٣ مليون دولار , وذلك على الرغم من تقليل عدد المشاهد الرقمية التي كان من المفترض تنفيذها داخل العمل لتصبح ٦٠ دقيقة فقط و ذلك أقل بكثير مما كان مقرر له في الأصل , و كانت الفكرة المحورية فى الفيلم هى إظهار المقدرة على استخدام الكمبيوتر جرافيك بمصاحبة رسوم متحركة لإنتاج نسيج واحد يعطى الشكل والإحساس المتواجد داخل ألعاب الكمبيوتر .

واستمر وضع الإبتعاد عن السينما الرقمية بكل أجزائها حتى عام ١٩٨٦م , حين قررت إدارة شركة (والت ديزنى-Walt Disney) بإعادة العمل على هذه التقنيات مرة آخرى مع المخرج ستيفن سبيلبرغ , ليقوم بإخراج فيلم (Who Framed Roger Rabbit) ، و قد تم تصوير المشاهد الحية للفيلم ثم إضافة ناتج عملية التجميع البصري للأرنب روجر , وكذلك تم إضافة المؤثرات الخاصة بالمشاهد لتوحي بالواقعية , و قد أضيفت الظلال و الإضاءات بالمشاهد لكل عنصر على حدا عبر وضع طبقات متعددة للعناصر ثم عمل تجميع مصور لدمج هذه الطبقات مع الشخصية الكرتونية للأرنب روجر و التصوير الحى للمشاهد و الخلفيات , و لقد لاقى الفيلم نجاح أعاد فتح المجال للتفكير بإستخدام الكمبيوتر الجرافيك مرة آخرى ، شكل ١.

حقوق النشر © ٢٠٢١ |المؤتمر DTAA21 dtaa21.conferences.ekb.eg

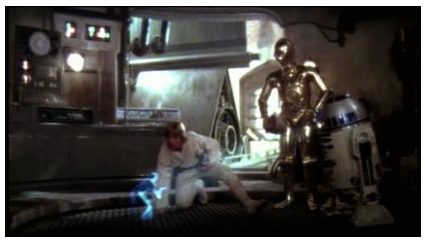


شكل١، التجميع البصري للصورة بفيلم (Who Framed Roger Rabbit) عام١٩٨٦م، للمخرجSteven Spielberg
[http://www.digital-polyphony.com]

ثم أتت التسعينات بفيلم أحدث نقلة فى عالم مؤثرات الكمبيوتر جرافيك و هو فيلم (المدمر-Terminator) عام ١٩٩١م للمخرج (جيمس كاميرون _James Cameron) ، و الذي لم يكن مقتنع بعد بفكرة الإمكانيات التي نسبت للكمبيوتر جرافيك , إلا أنه إعترف فيما بعد بتلك الإمكانيات معبر عن ذلك بأنها قفزة كبيرة فى صالح عالم السينما ، شكل٢ .

شكل٢، لقطة من فيلم (Terminator) عام١٩٩١م، للمخرج James Cameron،[http://metro.co.uk١]

ويعد الجزء المنتج عام ٢٠٠٢م من سلسلة أفلام (Star Wars) التى قام بكتابتها وإخراجها المخرج الأمريكي (جورج لوكاس - George Lucas) عام ١٩٧٧م و التى ما زال إصدار أجزاءها مستمر حتى الآن , هو أول فيلم روائي طويل ذو ميزانية عالية ينتج بإستخدام الكاميرات الرقمية بشكل كامل و دون اللجوء لأي كاميرا تقليدية , لذا فتعتبر السلسلة هي من بواكير الأعمال السينمائية التى أطلقت شرارة العمل الرقمى فى المجال السينمائى , خاصاً أن أحد أهم أسباب نجاح و شهرة هذه السلسلة تمثل فى المؤثرات الرقمية المستخدمة بأفلامها ، شكل ٣ .



شكل٣، مشاهد من فيلم (Star Wars) عام١٩٧٧م، اخراجGeorge Lucas، [http://www.youtube.com]

و قد إستطاع الجرافيك الرقمى تحقيق مشاهد مستحيلة التنفيذ واقعياً كمشاهد التدمير والبراكين والأعاصير وغيرها من المشاهد التى كان من المستحيل تنفيذها إلا رقمياً ، وكان من أشهر هذه الأفلام فيلم (The Perfect Storm) عام ٢٠٠٠م ، و الذى تضمن مشاهد للتدمير و سقوط مروحيات في الماء و إنفجارات نفذت جميعها بالكمبيوتر جرافيك ، كما ساهم الكمبيوتر الجرافيك أيضاً فى تخفيض تكاليف الإنتاج السينمائى بل و إستطاع إنقاذه أحياناً , و أكبر مثال على ذلك حين توفى الممثل (أوليفر ريد - Oliver Reed) أثناء تصويره فيلم (Gladiator) , و لإتمام العمل تم إستكمال مشاهد أوليفر بإستخدام مجسم رقمى ثلاثى الأبعاد له .

حقوق النشر ٢٠٢١ © |المؤتمر DTAA21

٣. أساليب الجرافيك الرقمي وتنفيذ المؤثرات السينمائية:

١,٣ المؤثرات السينمائية:

تعد تقنيات المؤثرات السينمائية من الأساسيات في صناعة الأفلام، و التي تستخدمها الاستوديوهات لتقديم كل ما هو مستحيل، و لن نبالغ إذا قلنا أنه سيتعذر علي أي مخرج إيصال تصوره للعمل السينمائي و تحقيق التأثير المطلوب لفكرة دون الإعتماد على ركيزة ضخمة و أساسية من الخدع والمؤثرات ، حتى أنها أصبحت أحد أساسيات الفوز أو الخسارة لأي فيلم في شباك التذاكر .
و تعتمد المؤثرات السينمائية في المقام الأول على خيال الفنان وإبداعه لإستخدام هذه المؤثرات وفق مستويات تعبيرية مختلفة في العمل السينمائي، و لا تعد المؤثرات السينمائية إنحراف غريب عن القاعدة السينمائية و إنما هى إمتداد لأساليب ووسائل التعبير عن الرؤية الفنية فى الفيلم والتى تعطى مصداقية كبرى من خلال مصداقية و سلاسة هذه الخدع و مدى إقناعها للمشاهد .

و المؤثرات السينمائية إما أن تكون موجودة و معروفة بالفعل و يتم إستخدامها فى إطار العمل السينمائى , أو أن يكون هناك حاجة إليها لسير العمل وفق رؤية معينة فيتم إبتكار الجديد منها أو تطوير السابق ليتلائم مع الصورة المطلوبة .

و يعتبر الإهتمام بالتفاصيل الدقيقة التى لا يلاحظها المتفرج العادي أهم شرط يجب توفره فى المؤثرات السينمائية لكى يحكم عليها بأنها ناجحة فى إتمام العملية السينمائية بواقعية , كما يشترط أن تستدعى المؤثرات السينمائية الإهتمام لنفسها بغض النظر عن الشكل الذي تتخذه , بل و عليها دفع الحبكة الفيلمية للأمام و أن تكون جزء من حكاية الفيلم و إلا اعتبرت مجرد إبهار بصرى ساذج .

و ذلك سواء كانت تندرج تحت الأساليب التقليدية أو ما يعرف بالـ(مؤثرات الخاصة - Special Effects) أو ضمن الأساليب الجرافيكية الرقمية أو الكمبيوتر جرافيك و هو ما يعرف بالـ(مؤثرات البصرية - Visual Effects) و الفرق الجوهري بينهما يكمن فى الآتى :-

١,١,٣ الأساليب التقليدية Special Effects :

و يطلق عليها المؤثرات الخاصة و المقصود بها هى المؤثرات الفيزيائية التى تضاف أثناء التصوير و يتم تصويرها داخل اللقطة عبر الكاميرات , و هى مؤثرات بسيطة ربما لا يعرف المشاهد أنها تندرج تحت نطاق المؤثرات من الأساس , و تضم مجموعة كبيرة من الآلات الخاصة بصنع الحرائق و الضباب و الدخان و الرياح و المطر و المؤثرات الميكانيكية , كما تضم مؤثرات المساحيق و الأقنعة كما في شكل ٤, و تعتبر المؤثرات الخاصة من أكثر أنواع المؤثرات إستخداماً فى السينما بحيث تظهر فى معظم الأفلام , و يطلق عليها أحياناً (مؤثرات التصوير الحى - Live Action Effects) و يرمز لها باختصار "FX" .

شكل٤ ،نموذج يوضح(مؤثرات المساحيق الخاصة– Special Makeup Effects) لشخصية من فيلم(X-MEN)،[http://bayyraq.com]

٢,١,٣ المؤثرات الجرافيكية الرقمية Computer generated imagery:

وتختصر بـ "CG" أو "CGI" و يطلق عليها أيضاً بالـ(مؤثرات البصرية -Visual Effects) و يرمز لها باختصار "VFX" , و هى المؤثرات الخاصة بالجانب البصري فقط ، و التى تضاف بالكامل بعد إنتهاء عملية التصوير عبر دمج النماذج الحاسوبية و الشخصيات الافتراضية مع الصور السينمائية ، و يتم اللجوء لهذه المؤثرات لتخليق بيئات بديلة عن الحقيقة ومحاكاة لكائنات و عوالم و آلات مطلوب تواجدها داخل الفيلم مع إستحالة تصويرها واقعياً .

حقوق النشر ٢٠٢١ © |المؤتمر DTAA21 dtaa21.conferences.ekb.eg

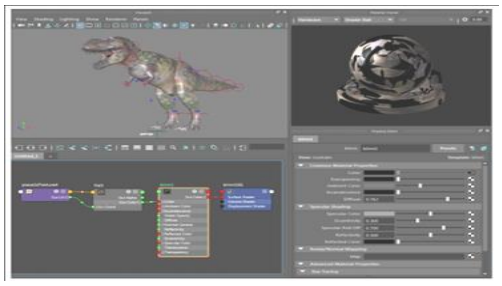
٢,٣ تقنيات الجرافيك الرقمى :

ظهرت تقنيات الجرافيك الرقمية لتفرض نفسها على الفيلم السينمائى من خلال توظيفها بشكل فنى عظيم الفاعلية فى صناعة الأفلام , مما أحدث ثورة كبرى فى إنتاج أنماط جديدة من الأفلام خاصة الخيالية و التى كان يصعب إنتاجها سابقاً أو تصنع بشكل بدائى ساذج , كما ساهمت فى خفض الميزانية الإنتاجية للأعمال , من خلال الاستغناء عن الكثير من المناظر الحقيقية و المشاهد والشخصيات ، و من أشهر تلك التقنيات و أكثرها إستخداماً :

١,٢,٣ برامج الجرافيك ثلاثى الأبعاد 3D Graphic Programs :

و هى الطريقة الإلكترونية لبناء الشخصيات و الديكورات و المؤثرات البصرية عبر رسم مجسمات ثلاثية الأبعاد و تحريكها بإستخدام برامج الحاسوب المتخصصة فى مجال الجرافيك , و تلك البرامج ثلاثية الأبعاد هى وحدة برمجية ذات بنية واضحة تهدف إلى تقديم وظائف مخصصة لأداء حسابات فراغية بهدف إظهار الرسومات ثلاثية الأبعاد بإستخدام الحاسوب , ويرجع اسم برامج ثلاثية الأبعاد " إلى الترجمة العربية للمصطلح الإنجليزي (3D Engine) , لذلك فإن الكلمة لا علاقة لها بالتحريك رغم أنه من الوظائف التى تقوم بها هذه البرامج (عامر حسن (٢٠٠٩م) , ص٧٥) .

و تتوافر بهذه البرامج قدرات و خيارات بنائية لتصميم و تخليق الشخصيات و البيئات الإفتراضية و تحريكها و إظهارها , و قد أنتج عدد ضخم من أشهر الأفلام داخل هذه البرامج مثل(King Kong، Avatar ،The Lord Of The Rings, Harry Potter ،Star wars) وغيرها من الافلام التى غيرت شكل السينما فى العالم ، و من أشهر هذه البرامج التى ساهمت فى إنتاج هذه الأفلام برنامج (3D Max) ، برنامج (Massive) ، برنامج (Cinema 4D) ، برنامج (Maya) ، برنامج (Houdini) ، و برنامج (Soft Image) وغيرها من البرامج و الأنظمة المتاحة على المستوى المهنى و العام في أرجاء العالم ، شكل ٥.



شكل٥، واجهة تحرير الخامات داخل برنامج الجرافيك ثلاثي الأبعاد الـ(Maya)،[https://knowledge.autodesk.com/MAYA]

٢,٢,٣ تقنيات التقاط الحركة الحية Mo Cap / Motion Capture:

تعتبر تقنيات التقاط الحركة من أشهر التقنيات المستخدمة فى الآونة الأخيرة فى معظم الإنتاجات السينمائية الضخمة , والتى يمكن أن نعبر عنها بكونها تكنولوجيا ذات سمعة مزدوجة , فعلى الجانب الإيجابى فإن هذه التقنيات توفر إنتاج لشخصيات أكثر دقة و واقعية و تحريك أكثر سلاسة وسهولة مما يوفر الكثير من الجهد و الوقت و المال و هو أمر حقيقى , إلا أنه إذا لم يكن مستخدمها يعرف ما يفعله بدقة فإننا سنصل للجانب السلبي والذي يعني صعوبة الحصول على معلومات مفيدة عبر إستخدام هذه التقنيات وكذلك إهدار ضخم للوقت والتكلفة والجهد .

و لقد تم العمل على هذه التقنيات فى الثمانينيات على يد (روبرت أبل - Robert Apple) , لينتج طريقة لتسجيل الحركة الحية و نقلها إلى الحاسوب من خلال تتبع حركة عدد من النقاط أو المجسات التي توضع عند نقاط المفاصل الأساسية بالجسم ، ومن ثمة يتم تجميعها و ترجمتها لصورة ثلاثية الأبعاد تمثل حركة المؤدى (ثريا محمد (٢٠٠٨م) , ص٥) .

و يعتمد إلتقاط الحركة الحية على قياس وضع واتجاه جسم ما في الفراغ و تسجيل الإختلافات فى هذه القياسات بحيث يستطيع البرنامج المعنى استيعابها , ثم يتم التحكم في العناصر الافتراضية للمشهد من خلال تطبيق الحركة الملتقطة عليها ، و يمكن أن يكون الجسم المعنى بإلتقاط حركته بشرياً أو غير بشرى أو حتى تعبيراً لوجه متحرك.

و تعمل تقنيات التقاط الحركة كماسح ضوئى ضخم يستخدم كاميرات متعددة لتولد ثلاث معلومات بعدية حول الجسم الملتقط حركته , و الذى يرتدى ملابس توضع عليها علامات تحيط بالجسم بشكل كامل وتكون هذه العلامات حساسة لجهاز إلتقاط الحركة بحيث يتم التقاط حركات المؤدى وهو يقوم بتمثيل أداء الشخصية المطلوب نقل حركتها , و يمكن التحسين أو التعديل على الحركة بعد تسجيلها على الحاسوب قبل تركيب المجسم الحاسوبي عليها من خلال برامج متعددة أشهرها برنامج (Puppet) .

حقوق النشر ٢٠٢١ © |المؤتمر DTAA21 dtaa21.conferences.ekb.eg

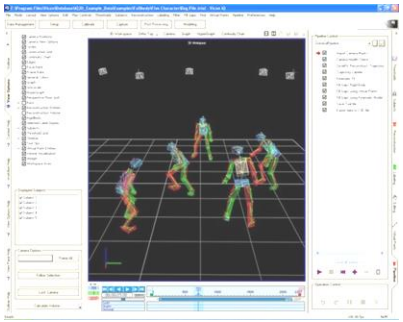
و يجب أن تتوافر فى العلامات التى تحيط بجسد المؤدى بعض المواصفات فلا يجوز أن تكون منفذة بالشرائط اللاصقة أو اللصقات رفيعة السمك كى لا تختفى داخل زوايا الجسم أثناء الحركة , كذلك لا يمكن إستخدام الكور المطاطية أو العلامات البارزة جداً كى لا تعيق الحركة نتيجة ضخامة حجمها مقارنة بحجم مفاصل الجسد المتحرك ؛ و لذلك يتم استخدام قطع دائرية مصنوعة من الإسفنج الصناعي المضغوط (الفوم) بأحجام لا تتعدى الـ٣سم و تلون بدرجتى اللون الأبيض والأسود ليسهل رصدها .

كما يجب أن يأخذ التشكيل أبعاد الهيكل البشرى ، و يبدأ التشكيل الأول لمجموعة النقاط على هيئة مثلث رأسه عند موضع نهاية عظمة القص السفلي و قاعدته ترتكز على موضع عظمتى الحوض و مثلث مقلوب عكس السابق , و هكذا يستمر التوزيع على باقى مواضع مفاصل الجسد , أما بالنسبة لالتقاط حركة الوجه فتتم برسم نقاط عند مراكز الحركة و العضلات في الوجه والتى تكون أكثر حساسية للالتقاط عبر أشعة الليزر الدقيقة جداً , و يمكن لهذه التقنية نقل كافة التعبيرات البشرية مهما بلغ تعقيدها ، شكل ٦ .

شكل٦، عملية تركيب العلامات المضيئة لوجه بطلة فيلم (Avatar)لتأدية دورها في المشهد، [http://www.avatarmovie.com/video-10.html]

و تنقسم تقنيات التقاط الحركة إلى قسمين أحدهما (مادى - Hardware) و يتمثل فى نقل المعلومات المسجلة للحركة من المؤدى إلى الحاسوب، ليستلمها بعد ذلك القسم الثاني وهو القسم (البرمجي - Software) و الذي يقوم بمعالجتها و تحليلها و تطبيقها على الشخصيات الافتراضية (المجسمات الحاسوبية - CG Characters) .

و تمتاز البرامج الخاصة بالتقاط الحركة بإمكانية العرض الفورى للحركة مطبقة على المجسم الإفتراضى إن كان النظام المستخدم يدعم ذلك و ذلك يسهل تدقيق الحركة بشكلها النهائي مباشرةً قبل تخزينها، شكل ٧.



شكل٧،واجهة أحد البرامج المستخدمة لمعالجة معلومات أجهزة التقاط الحركة الحية،[http://blog.agdn-online.com]

و تعتمد تقنيات إلتقاط الحركة على مجموعة أنظمة مادية مختلفة فى إسلوب إلتقاطها لحركة المؤديين و نقلها للحاسوب ، و يمكن تصنيفها بناءاً على طبيعتها المادية كالتالى :

١,٢,٢,٣ الأنظمة الميكانيكية Mechanical Systems :
و تعتبر هذه الأنظمة هى الأكثر بدائية فى أنظمة إلتقاط الحركة والتي توقف إنتاجها بشكل تجاري بسبب عيوبها , و تعتمد هذه الأنظمة على وضع حساسات مرنة على مفاصل المؤديين و التى ترتبط بالحاسوب بواسطة كابلات تنقل معلومات الحركة , ويعتبر وجود هذه الكابلات هى أكبر عيوب هذه الأنظمة لأنها تعيق الحركة و كثيراً ما تؤدى لفشل الممثل فى التعامل معها و تأدية المطلوب منه , و حتى بعد إضافة

حقوق النشر ٢٠٢١ © |المؤتمر DTAA21

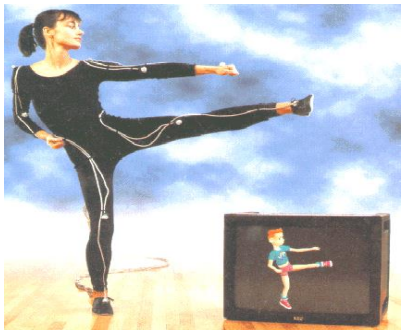
بعض التحسينات و التى تمثلت فى استبدال الأسلاك الموصولة بالحاسوب بوحدة إرسال لاسلكية تتجمع فيها الأسلاك الخارجة من الحساسات الموجودة على جسم المؤدى ، لم تستمر فترة إستثمار هذا النظام طويلاً قبل انقراضه ، شكل ٨ .

شكل٨، انظمة التقاط الحركة الميكانيكية Mechanical Systems،[http://blog.agdn-online.com]

٢,٢,٢,٣ الأنظمة المغناطيسية Magnetic Systems:

و يعتمد هذا النظام على نقل فورى للحركة عبر حساسات تتأثر بحقل مغناطيسي قوي يتم توليده بواسطة وحدة توليد خاصة و يتم نقل المعلومات وتخزينها بالحاسوب مع إمكانية الإلتقاط و المعالجة الفورية للحركة , و من أهم مميزات هذا النظام حرية حركة المؤديين بسبب عدم وجود أسلاك بهذا النظام .

أما بالنسبة لعيوبه فتتلخص فى عدم إمكانية وضع عدة مجسمات لإلتقاط حركتها فى نفس الوقت فلا يمكن تسجيل حركة أكثر من مجسم واحد فى كل لقطة ، شكل٩.



شكل٩، انظمة التقاط الحركة مغناطيسيا Magnetic Systems،[http://62.210.217.55.com]

٣,٢,٢,٣ نظام النموذج الرقمي:

و يسمي أيضا بالـ(المانيكان- Mannequin) أو (طريقة المونكي - The Monkey Digital) ، و يتم إلتقاط الحركة بهذا النظام من خلال دمى قابلة لعمل الأوضاع طبق الأصل عن الحركة الحية الآدمية أو غير الآدمية , و هي تسهل عمل هؤلاء المعتادين على التعامل مع تقنية إيقاف الحركة , و يوجد بذلك المجسم وحدة تحكم إلكترونية متصلة بالحاسوب و التى تمرر الحركة للبرنامج المختص بتطبيقها على المجسم الإفتراضى , و من مميزات هذا النظام أنه يسمح بإلتقاط حركة أكثر من شخصية فى وقت واحد , أما بالنسبة لأكبر عيوبه فتتمثل فى الواقعية الديناميكية لحركة المانيكان الرقمى , و إعتماد نجاح إستخدام هذا النظام بشكل كامل على خبرة المحرك ، شكل١٠ .

شكل١٠، نظام إلتقاط الحركة بطريقة (المانيكان- Mannequin)،[http://www.pinterest.com]

حقوق النشر ٢٠٢١ © المؤتمر DTAA21

٤,٢,٢,٣ نظام إلتقاط الحركة البصري Optical System :

و تعد هذه التقنية الأحدث فى التغلب على معظم مشاكل الأنظمة السابقة , و تعتمد على تصوير فيديو بكاميرات رقمية متخصصة عالية السرعة و الجودة لمؤدى يرتدي ملابس تحمل علامات ذات انعكاس مرتد مما ينتج فيديو عالي التباين لتلك العلامات , و التركيبة المثالية لهذه العلامات هى ما يتراوح بين ٢٠ إلى ٣٠ علامة على الجسم و تتراوح من ١سم إلى ٥سم من قطر دائرة , يزيد عددها مع زيادة تعقيد الحركة , وتتمركز عند مواضع الحركة والمفاصل , و يتم إلتقاط هذه العلامات عبر عدد كاميرات تتراوح ما بين ٤ إلى ٦ كاميرات و تزيد مع الرغبة فى تغطية أكبر للحركة , أما بالنسبة للوجه فيتم التقاطه بكاميرا واحدة فقط عادتاً و قليلاً ما يستخدم كاميرتين كحد أقصى , و يتمثل أكبر عيب لهذا النظام فى حساسيته للضوء و الإنعكسات مما يسبب أحيانا فى إفساد العملية ككل بسبب الأسطح اللامعة و المبللة و العاكسة ، شكل ١١.

شكل١١، التقاط الحركة الحية بالطريقة البصرية Optical System، [http://tele-immersion.citris-uc.org/berkeley_mhad]

٣,٢,٣ تقنية التركيب الرقمى Digital Composition :

تعتمد هذه التقنية الجرافيكية على تعديل المشاهد التى سبق و تم تصويرها بكاميرا سينمائية , وذلك بعد تحويلها لأحد الإمتدادات التي يمكن تحميلها و التعامل معها على الحاسوب , و من ثمة يتم التعديل فى هذه المشاهد من خلال ما يعرف باسم(Rotoscoping) ، و هي عملية عرض رقمية للمشاهد المصورة على هيئة كادرات منفصلة ليسهل التعامل معها بالحذف أو الإضافة أو تغير القيم اللونية أو غيرها من العمليات , و قد كانت نفس العملية تتم فى السابق يدوياً قبل ظهور النظام الرقمى , و بعد الإنتهاء من هذه العملية يتم إعادة طبع المشاهد على الشريط السينمائى مرة آخرى , وهناك العديد من البرامج الحاسوبية التي توفر هذه التقنية ، شكل١٢.

شكل١٢، يوضح استخدام تقنية Digital Composition على أحد المشاهد الخيالية،
[https://www.skillshare.com/classes/Digital-Painting-Concept-Landscapes/1257894194]

٤,٢,٣ تقنية العزل والإضافة بالرسم Matte Painting:

و يعود أصل هذا النمط إلى أوائل عام ١٩٠٥م , و هو ما تطور مع ظهور التقنيات الرقمية فتم استبدال الرسم اليدوي بالرسم الرقمي على البرامج المختصة ، و تستخدم هذه التقنية لثلاث أسباب أساسية هى :-

- عمل تعديل أو تصحيح لونى لاى عنصر فى المشهد.
- وضع جسم ما خلف جسم آخر بعد تمام عملية التصوير.
- إلغاء أو عزل جسم موجود فى مقدمة المشهد واستبداله بآخر حقيقي أو رقمي.

و عادة ما تستخدم هذه التقنية لإضافة بيئات وهمية مكلفة في بنائها أو مستحيلة الوصول إليها واقعياً مع المشاهد الحية، شكل ١٣.

حقوق النشر ٢٠٢١ © |المؤتمر DTAA21 dtaa21.conferences.ekb.eg

شكل١٣، الشكل يوضح التصحيح الونى لأحد المشاهد الخيالية بتقنيةMatte Painting،
[https://mattepaint.com/blog/8-tips-to-learning-matte-painting]

٥,٢,٣ تقنية شاشة الكروما Chroma Screen :

و هي تقنية قديمة تم تطويرها رقمياً , وتعتمد هذه التقنية على فكرة تصوير الحركة فى مساحة محاطة بقماش أو حوائط معتمة مصبوغة بأحد ألوان الإضاءة الأساسية (الأخضر ، الأزرق ، و الأحمر) , ثم يتم فصل المشهد عن الخلفية رقمياً بإستخدام البرامج المتخصصة .

و يتم تحديد ألوان الإضاءة الأساسية كونها ألوان صريحة يسهل فصلها و عدم مزجها مع ألوان المشهد والأجسام المتحركة , ويتم تحديد لون خلفية الكروما المستخدمة وفقاً لعدة قواعد , حيث يفضل الإبتعاد عن إستخدام اللون الأحمر كونه يظهر مقارباً للون البشرة فى عدسة الكاميرا , أما بالنسبة للون الأزرق فيمتاز بوضوح في كافة أحوال الإضاءة , و يفضل إستخدامه فى حالة تصوير المعدات و العناصر الجامدة , و تكمن مشكلة اللون الأزرق فى تسببه بالتشويش و عدم نقاء الصورة المعروضة فيما بعد , و كثيراً ما يتعارض مع ألوان السماء و المسطحات المائية مما يتسبب فى دخولها ضمن عملية الفصل .

و يرجح فى المعظم إستخدام اللون الأخضر كونه يتطلب كثافة إضاءة أقل بكثير من اللون الأزرق , مما يوفر الكثير في عملية الإعداد للمشهد , كما أن نسبة التشويش فى المشهد المصور على شريط الفيلم يكون أقل بكثير , و كونه مزيج من اللونين الأزرق و الأحمر يجعل منه أفضل فى تصوير الأجسام البشرية , و يرجع ذلك لسهولة التعامل مع الانعكاسات الناتجة عنه على البشرة و معالجتها عبر طرح اللون الأزرق الزائد منه ليعطى إحمرار مقبول للمظهر الآدمي , أما بالنسبة لمشكلة الكروما الخضراء فتكمن فى تصوير مشاهد المساحات الخضراء و النباتات و التي تتداخل معها و تضم لعملية الفصل الرقمى ، شكل ١٤ .

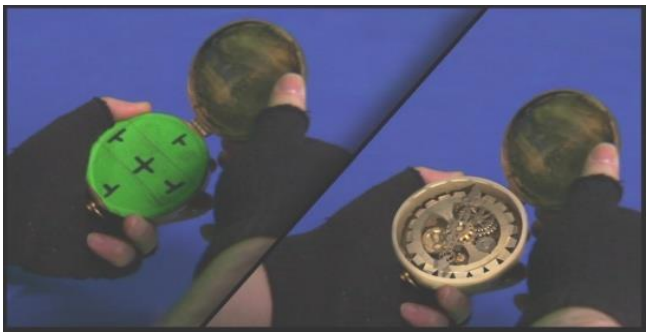
شكل١٤، مشهد بتقنية الـ(Chroma)من فيلم (Oz The Great And Powerful) للمخرج Sam Raimiعام٢٠١٣م،
[http://www.cairodar.com]

حقوق النشر ٢٠٢١ © |المؤتمر DTAA21

٦,٢,٣ تقنية مضاهاة الحركة Match Moving :

تقوم هذه التقنية بمزامنة حركة الكاميرا مع الشخصية الإفتراضية لتحاكي تلك الشخصية التصوير الحي , و يتم ذلك بإستقبال الحاسوب لمشاهد التصوير الحي و تحويلها لـ(Pixel) ، و من هذه اللحظة يمكن للمصمم التحكم فى خصائص و مكونات الصورة بأنظمة التمثيل الرقمى عبر قياس أبعاد المنظور الثلاثي للمشهد , وتعتمد هذه التقنية على فكرة نظام المسح التصويرى للصور ثنائية الأبعاد و لإضافة بعد ثالث لها ، و لتحليل حركة الأجسام بها بعد الإنتهاء من التصوير و الحصول على معلومات كمية ونوعية عن تلك الأجسام دون الاحتكاك المباشر معها .

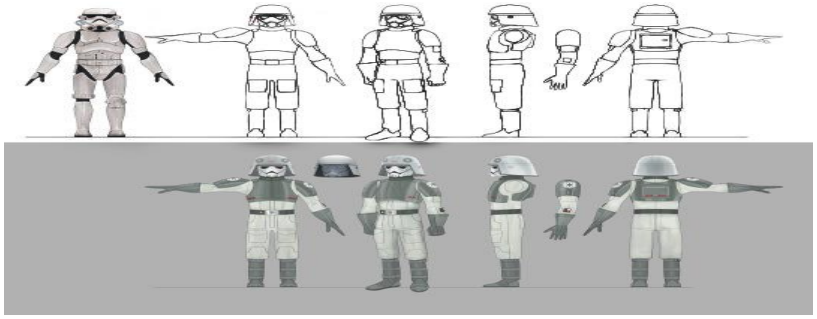
و تمر تقنية مضاهاة الحركة بعدة مراحل أولها إستخدام نظام التعقب ثنائى الأبعاد للكاميرا ، ثم ترجمة خطوط مسارات الكاميرا عبر تحليل الصور , و من ثمة يتم تخزين البيانات التى تستخدم بعد ذلك فى دمج عناصر المجسمات ثلاثية الأبعاد مع الصورة المتحركة ثنائية الأبعاد , ثم يتم عمل تصحيح لوني للصورة , فتظهر الصورة النهائية و كأن المجسم الإفتراضى ثلاثى الأبعاد كان منذ البدء جزء من الواقع الحي الذي تم تصويره ، شكل ١٥.



شكل١٥، يوضح إطار قبل وبعد استخدام تقنية (Match Moving) لإضافة رسوم ثلاثية الأبعاد،[http://www.digitaltutors.com]

٤. مراحل الإنتاج الافتراضية في الأفلام :

يبدأ تنفيذ العمل السينمائي بمرحلة التخطيط و إعداد العمل السينمائى والتى تشمل إعداد قصة و سيناريو العمل و كذلك خطة الإخراج و الإنتاج و تحديد ميزانية الفيلم و تكوين الرؤية المسبقة للتنفيذ والتي تشتمل على تحديد رؤية كاملة للعمل الفنى عبر إعداد صورة مرئية للمشاهد التفصيلية , و ذلك من خلال تصور الشكل العام للشخصيات و المشاهد , و يتم تصميم الشخصيات بشكل نهائى برسم عدة أوضاع مختلفة للشخصية (Model Sheet) مع التركيز الشديد على دقة (اللقطة الجانبية - Side View) و (الأمامية - Front View) فهما الوضعان الأساسيين فى بناء المجسم ثلاثى الأبعاد ، شكل ١٦.



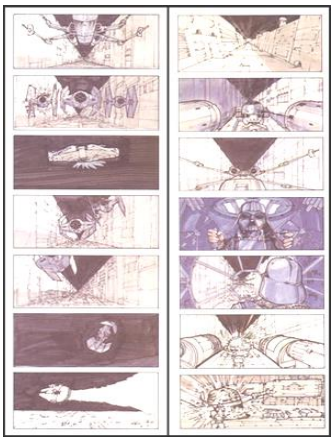
شكل١٦- اسكتشات لشخصيه سيتم تنفيذها بالرسوم المتحركة الثلاثية الابعاد،[http://animationtidbits.tumblr.com]

و من ثم يتم عمل الرسوم الخاصة بكل لقطة من لقطات الفيلم عبر سلسلة من الرسوم التخطيطية والتي يتم رسمها داخل مربعات يتناسب مقاسها مع الإطار السينمائى , وتعمل هذه المرحلة على تحويل النص المكتوب للفيلم لصورة مرئية أولية و يطلق على هذه الرسوم لفظ (السيناريو المرسوم - Storyboard) ، و يتم بوضع التصميم التخيلى للأفكار الخاصة بالديكورات و الخلفيات الرقمية و الشخصيات الإفتراضية داخل السيناريو المرسوم , لكى يتمكن فريق العمل من تخيل الصورة وأبعادها وكيفية دمج الشخصيات الحية مع الإفتراضية و موقع وضع (الكروما - Chroma) لإضافة البيئة المحاكاة رقمياً والمطلوبة للعمل , وكذلك ليتمكن الممثلين من فهم موقعهم داخل الديكور

حقوق النشر ٢٠٢١ © |المؤتمر DTAA21

الإفتراضى و كيفية تفاعلهم مع الشخصيات الإفتراضية و التى لن تكون حاضرة أمامهم فى التصوير , و تعد هذه المرحلة هامة جداً فبدون هذه الرؤية المسبقة لشكل اللقطات و أحجامها و وسائل الإنتقال بينها و الإستقرار على المجموعات اللونية المستخدمة يمكن أن تصبح النتيجة النهائية للعمل كارثية .

و يتم تصميم السيناريو المرسوم إما بالطريقة التقليدية عبر الرسم اليدوى على الورق أو بالطريقة الرقمية عبر إستخدام البرامج الرقمية و التي تتميز بسرعة و دقة التنفيذ ، و من أشهر هذه البرامج (Storyboard quick ، Storyboard Artist) ، و تشكل مثل هذه البرامج البديل الرقمى و السريع للرسم اليدوي , حيث تحتوى على مكاتب للإكسسوارات و المؤثرات و الأصوات و وسائل الإنتقال بين المشاهد مما يزيد من قدرتها على إيصال الصورة المبدئية للعمل للفريق ، شكل١٧ .



شكل١٧- السيناريو المرسوم لأحد مشاهد فيلم(Star Wars)،إخراج George Lucas،[http://originaltrilogy.com]

و بعد الإنتهاء من هذه الخطوات يحين الوقت للبداية الفعلية لإنتاج الفيلم و التى تشتمل على بناء المناظر و تصميم الشخصيات و تنفيذها سواء كان ذلك بالبناء الفعلى و إعداد الممثليين أو عن طريق التصميم الإفتراضي من خلال الكمبيوتر جرافيك , و هنا يبدأ المخرج بتكوين رؤيته النهائية حول التكوين و وضع المؤديين و تفاعلهم مع المحاكاة الإفتراضية للخلفيات و الشخصيات و حركات الكاميرا , و تعد هذه المرحلة خطوة شديدة الصعوبة على فريق الإخراج الفنى , حيث سيترتب عليها وعلى نجاحها ما يلى فى العملية الإنتاجية ، و تشمل هذه المرحلة عدة نقاط هى :

١,٤ بناء الديكور و المناظر الإفتراضية :

و هنا يتم بناء الأجزاء الحقيقية و المستخدمة أثناء التصوير من الديكور , مع تصميم الخلفيات و المواقع الإفتراضية , التي تستخدم لخفض ميزانية إنتاج العمل السينمائية بشكل كبير , حيث تسهل الإستغناء عن مواقع التصوير الحقيقية وبناء الديكورات و المناظر الخارجية و الداخلية عالية الكلفة , كما يستطيع إفساح المجال لإنتاج أكثر توسعاً من حيث النوع الفيلمى , كإنتاج الأفلام الخيالية التى تضم أفلام العوالم الأخرى و أفلام الفضاء و نهايات العالم , خاصة أن هذه الأنواع من الأفلام تحتاج إلى مناظر سينمائية عالية التكلفة و على درجة عالية من التعقيد , و مع دخول الكمبيوتر جرافيك للعملية الإنتاجية سهلة الجوانب الإبداعية و رفع المستوى الفنى و الشكل للمناظر السينمائية خاصة المعقدة منها مع إختصار كبير لوقت تنفيذها , كما يساعد على إتاحة مساحة فى المشهد ؛ فالمشهد الإفتراضي أكبر عدة مرات من حجم الاستديو الفعلي الذي يصور فيه, و الإستديو الإفتراضى النموذجى هو ما يعرف بالإستديو الصغير و ليس حتى متوسط الحجم , فكل ما يحتاج إليه الاستديو الافتراضي هو منصة صغيرة تستخدم كخلفية (كروما- Chroma) و هو ما يعد أقل بكثير من المساحة المعتادة عند بناء أو تشييد ديكور حقيقى و هذا يساعد على الحد من التكاليف (أشرف مصطفى (٢٠١٦م), ص ١٣٥) .

٢,٤ تصوير المشاهد الحية و بناء الشخصيات الإفتراضية :

و يتم كلا الأمرين بالتزامن معاً , فيتم التصوير الحى للممثليين جنباً إلى جنب مع إنتاج الشخصية الإفتراضية و تحريكها , و إحلالها فى المشهد الحى إن لزم الأمر وجود العنصر الإفتراضي مع العنصر البشرى فى نفس اللقطة .
كما يصبح الممثل جزء من العمل على الشخصية الإفتراضية أحياناً حين تكون الشخصية هى محاكاة افتراضية للممثل الحقيقى و هنا تصبح صورته و ملامحه جزءاً هاماً فى عملية التصميم ، كما في شكل ١٨.

حقوق النشر ٢٠٢١ © |المؤتمر DTAA21

شكل١٨،إسكتشات يدويه ومجسمه لشخصية إفتراضية من فيلم(The Lord Of The Rings)عام٢٠١٠م،[http://www.imdb.com]

و تعتبر مرحلة تصميم العناصر الافتراضية و تطويرها من الإسكتشات اليدوية للنموذج الرقمي الوسيلة المثلى لتقدير سير خطوات العمل .

٣,٤ تحريك الشخصيات الإفتراضية ، و يتم ذلك بإحدى طريقتين هما :

١,٣,٤ الطريقة الرقمية: و تتم بواسطة البرامج الجرافيك ثلاثية الأبعاد (3D Graphic Programs) , و يتم بها تخليق الشخصيات و وضع مسارات الحركة لها , و يعتمد التحريك فيها على نفس إسلوب التحريك ثنائى الأبعاد التقليدى ، إلا أن الإختلاف يكمن فى أنه لا يتم وضع مفاتيح حركة بينية و إنما يتم وضع المفاتيح الرئيسية للحركة و من ثمة يقوم البرنامج بإنتاج المفاتيح البينية لسد الفراغات .

٢,٣,٤ الطريقة المدمجة : أو محاكاة الحركة الحية و يتم ذلك عبر أحد أنظمة إلتقاط الحركة الكلية (Motion Capture) , ثم يتم دمج الحركات الملتقطة التي أداها الممثل مع الشخصية الإفتراضية داخل البرنامج ، فينتج عنها تطبيق لذات الحركة تماماً من قبل الشخصية الإفتراضية .

و أياً كانت الطريقة التي سيتم التعامل معها في عملية التحريك , فيجب أن يكن المحرك على دراية كاملة بالشخصيات و الخلفيات و محتويات الكادر الذى ستتعامل معها الشخصية و هو ما يمثله (الرسم التخطيطى -Layout) , و يتم الإتفاق على كل ذلك المحتوى من قبل المحركين و فنانى التخطيط و المخرج التقنى و المخرج الفنى مجتمعين .

و كذلك على المحرك أثناء تنفيذ التحريك للشخصية الافتراضية أن يراعى التوقيت الزمنى لفعل الشخصية الإفتراضية و سرعة الحركة , وكذلك دخول و خروج الشخصية للمشهد و بدء الحركة و نهايتها و الأحداث التمهيدية للحركة و توابعها و التى تؤثر على المظهر العام للشخصية .

كذلك يعد التزامن الشفهى (Lip-synch) أحد أهم الخطوات التي تعطي بعداً طبيعياً للشخصية الإفتراضية و تلعب دوراً هاماً فى إقناع المشاهد باللقطة ، شكل ١٩.

شكل١٩، توضيح أثر إتجاه وتزامن الشفاه "Lip-Synch"،[http://t0mps.deviantart.com]

أما بالنسبة لتجسيم الظواهر الطبيعية وعناصرها من سحب و برق و مطر و ضباب و عناصر نباتية ، فيستخدم لتنفيذها أحد نظامين متوفرين في برامج الجرافيك ثلاثية الأبعاد مثل 3D MAX و Maya و برامج أخرى , و هما :

- **نظام الجزيئات A particle System :** و هو نظام يستخدم لتجسيم الحرائق و الأدخنة و الضباب و المطر و الثلوج و تحريكهم ، عبر تشكيل نقاط أو جزيئات كروية صغيرة في الفراغ ، و يتم تصميم خواص وسلوك حركة خاصة تتعامل وفقهم في مجاميع مشكلةً الظاهرة المطلوبة , والتى تتوافق مع طبيعتها ووضعها داخل المشهد المطلوب تنفيذه .

حقوق النشر ٢٠٢١ © |المؤتمر DTAA21

- **نظام تشكيل النباتات Forming Plants :** و هي نظام يسمح بالتحكم في شكل وكثافة الغطاء النباتي المطلوب تجسيمه في المشهد ، مع إمكانية تحريكه وفق العديد من المعايير التي يمكن التحكم بها ، وهو ما استخدم في عدة أفلام لصناعة الغابات و المساحات الخضراء عبر إستخدام خاصية (البذر العشوائي للنباتات - Randomized Seed) ، و كما يتوافر هذا النظام ضمن إمكانيات العديد من البرامج الجرافيكية فإن هناك برامج متخصصة بشكل أساسي في تجسيم النباتات و تحريكها مثل برنامج (SpeedTree) ، شكل٢٠.

شكل٢٠، نماذج توضح تجسيم الظواهر الطبيعية في البرامج الثلاثية الأبعاد[http://mustafamax.blogspot.com]

٤,٤ تكوين صورة سينمائية مركبة :

و بعد الإنتهاء من عملية تحريك الشخصيات الإفتراضية يأتي دور تكوين الصورة السينمائية المركبة و يعتمد ذلك على الفهم الصحيح لطبيعة اللقطة المركبة رقمياً و عناصر الصورة السينمائية بها , و التى تجعلها متوافقة مع متطلبات العمل , و يتم تركيب اللقطة من عدة شرائح أو طبقات (Layers) تعتمد كل منها على مجموعة من العناصر ، و يتم وضع الخلفية فى الشريحة الآخيرة فى حين تشتغل العناصر فى مقدمة اللقطة الشرائح الأولى , كما يتم بهذه المرحلة إضافة المسارات و الطرق بين المجسمات و الأشكال بشكل طبيعى غير مفتعل لتكوين البيئة الإفتراضية للكادر ، و يتم ترتيب الطبقات بشكل متتالي لينتج دمجها الصورة النهائية الكاملة و التي يتم عرضها على شاشة السينما كوحدة واحدة , ولقد اعتمد معظم الخبراء و الفنيين على هذا المفهوم كأساس لتكوينات المشاهد المعقدة فى العديد من الأفلام الشهيرة مثل (، Harry Potter، King Kong) و غيرها من الأفلام .

٥,٤ المونتاج و المكساج الرقمى Digital Editing / Audio Mixing :

وهي آخر مرحلة من مراحل خلق العمل وهي تتضمن ترتيب اللقطات و المشاهد و أطوالها , و تقرير أنواع الإنتقال بينهم و الوقت المناسب للإنتقال و مدته و سرعته ، و إضافة المؤثرات الخاصة بالصورة وضبط القيم اللونية ، وهو ما يسمى بالـ(مونتاج- Digital Editing) , و إضافة مسارات الصوت بأنواعها و التى تشتمل على الموسيقى التصويرية والمؤثرات الصوتية وهو ما يسمى بالـ(مكساج - Audio Mixing) ، و الهدف من كلا العمليتين هو ربط و إظهار المشاهد بشكلها النهائى ، و اختصار وترتيب اللقطات المتعددة غير المرتبة لتحكى بشكل مؤثر قصة العمل و توصل رسالته للمتفرجين .

٦,٤ مرحلة استخراج العمل :

و بها يتم إظهار العمل بشكله النهائي عبر استخراجه على هيئة إما فيلم ٣٥ ملم أو شريط فيديو أو إسطوانة CD أو DVD ، أو من خلال إطلاق العمل النهائى على الإنترنت , و يتم توزيع العمل عبر هذه الوسائل على دور العرض السينمائى و منصات العرض الإلكترونية .

٥. فيلم (أفاتار- Avatar) نموذجاً للتحليل :

إن عينة البحث هنا تتركز فى نموذج و هو فيلم (أفاتار-Avatar) ، و قد تم إختيار هذا النموذج كونه يفى حاجات البحث و تحقيق هدفه من خلال ما يحتويه من إستخدامات علمية و فنية جمالية لتقنيات الجرافيك الرقمية مما يغنى موضوع البحث ، و يعد فيلم Avatar أحد العلامات البارزة في السينما العالمية منذ بداية القرن الواحد و العشرين و حتى الآن , والذى استطاعت تقنيات الجرافيك الرقمى لعب دوراً هاماً فى تنفيذ المناظر السينمائية به خاصة المناظر الضخمة و الخيالية و التى كانت تحتاج لإنتاجها ميزانية ضخمة .

١,٥ البطاقة الفنية للفيلم :

- تاريخ اصدار الفيلم : عام ٢٠٠٩م .
- اخراج : (جيمس كاميرون–James Cameron) .
- تاليف: (جيمس كاميرون–James Cameron) و(جون لانداو-Jon Landau) .
- الإنتاج والتوزيع: قام بإنتاج الفيلم عدة شركات وهي :
  شركة (Ingenious Film Partners) ، شركة (Dune Entertainment) ، شركة (Lightstorm Entertainment) ، و توزيع شركة (Twentieth Century Fox) .

حقوق النشر ٢٠٢١ © |المؤتمر DTAA21

- قام بالإشراف على المؤثرات البصرية (بيتر جاكسون- Peter Jackson) .
- أشرف على التحريك (آندي جونز- Andy Jones) .
- المسئول عن الملامس والخامات و وضع خرائط الملامس والألوان في الفيلم (ديفيد أبوت- David Abbott) .
- تم تنفيذ المشاهد الإفتراضية به عبر استديوهات (Weta Digital) ، وقد عاونتها عدة شركات في تنفيذ ذلك وهم شركة (Halon) وشركة (BUF) واستديوهات (Pixel) و شركة (Third Floor) وشركة (Lola) وشركة (Hydraulx).
- قام بالمونتاج (جيمس كاميرون) و (جون ريفوا- John Refoua) .
- قام بتأليف الموسيقى التصويرية (جيمس هورنر- James Horner) .
- عمل في الفيلم ٩٠٠ فريق عمل منهم ٥٤ رسام و ١١٠٠ من فناني المؤثرات البصرية والـ"CG".
- مدة عرض الفيلم: ١٦٢ دقيقة .
- ميزانية إنتاج الفيلم: ٣١٠,٠٠٠,٠٠٠ دولار أمريكي .
- إجمالي إيرادات الفيلم : حصل الفيلم على أعلى إيرادات في تاريخ السينما في كافة أنحاء العالم وهي ٢,٧٨ مليار دولار أمريكي .
- جوائز الفيلم: حصل الفيلم على نقد إيجابي في المجمل حتى لقب الفيلم "بإبداع القرن" ، وقد رشح الفيلم لتسعة جوائز أوسكار حصل منها على ثلاث جوائز (جائزة أفضل إخراج ، و أفضل تصوير سينمائي ، وأفضل مؤثرات بصرية) ، كما حصل الفيلم على ثمان جوائز للخدع البصرية عن الإنجاز التقني والفني للفيلم من جمعية المؤثرات البصرية .

٢,٥ قصة الفيلم :

دارت أحداث الفيلم حول شخصية البطل وهو ضابط سابق في البحرية الأمريكية المصاب بالشلل ، والذي أدخل لمشروع Avatar كبديل لأخيه الميت بسبب تطابق الوظائف الحيوية والحمض النووي بينهم ، و أعطى المشروع البطل جسم معافى شبيه بأجساد شعب الـNa'vi وهم السكان الأصليين لكوكب Pandora وهو موقع الاحداث ، وهم شعب بدائي يملك كوكبه العديد من الثروات والمعادن النادرة والهامة ، والذي سعي البشر للاستيلاء عليها عبر العمليات العسكرية تم شنها على الكوكب ومحاولة احتلاله وبناء مستعمرات بشرية به ، وعند اكتشاف البطل لهذه الحقيقة قرر مساعدة السكان الأصليين لإنقاذ كوكبهم ومحاربته البشر ، وقد دارت أحداث الفيلم داخل إطار خيالي مستقبلي رومانسي من خلال قصة الحب التي نشأت بين البطل و إبنة زعيم شعب الـNa'vi.

٣,٥ المؤثرات السينمائية بالفيلم :

بدء فيلم Avatar حين أعلن المخرج الأمريكي جيمس كاميرون عام ١٩٩٦م أنه سيقدم فيلم بإسم "Avatar" ، وهو فيلم خيال علمي مستقبلي ملحمي ، ولقد تأخر المشروع بسبب رفض المخرج للتقنيات التي كانت متاحة بالنسبة له عندما ظهرت فكرة الفيلم ، فلم تكن تلبي رغباته الإبداعية ؛ فظل الفيلم مجرد فكرة حتى عام ٢٠٠٥م حين إقتنع المخرج أن تقنيات الجرافيك الرقمي قد وصلت لمرحلة جيدة تقترب لتصوره فبدأ في العمل على الفيلم ، و لم يكن المخرج يريد للفيلم أن يصبح مجرد فيلم تحريك ثلاثي الأبعاد ، بل أراد أن يتضمن هذا خلال أحداث الفيلم ؛ لجعل الفيلم أشبه بنقل المشاهد لعالم كوكب Pandora الحقيقي عبر خلقه ليس عبر استخدام التقنيات الثلاثية الأبعاد التقليدية فقط ، أو من خلال المساحيق الخاصة بل من خلال خلق الشخصيات وإعطاءها روح الممثلين من خلال تقنيات المحاكاة الإفتراضية والكاميرات المتطورة ، و قد تم ذلك من خلال :

١,٣,٥ تقنيات الجرافيك الرقمي بالفيلم :

١,١,٣,٥ الكاميرات :

- تم استخدام كاميرات HD متطورة ، و التي كانت تطور جديد في عالم الكاميرات حينها .
- تم استخدام كاميرا رقمية تعطي صورة ثلاثية الأبعاد للممثلين والعالم المصمم لكوكب Pandora عندما ينظر خلالها المخرج أثناء تصوير المشاهد ، وهي كاميرا تم تطويرها وبرمجتها بناء على تصور وطلب المخرج .
- استخدمت ١٢٠ كاميرا في مكان تصوير بطول ٧٠ قدم وعرض ٤٠ قدم .

٢,١,٣,٥ برامج الجرافيك Graphic Programs :

كان أكبر تحدي لفريق العمل في (Weta Digital) قبل البدء في الفيلم هو إيجاد أداة الرسم والتصميم المناسبة والتي تستوعب هذا الكم الهائل من المعلومات والتفاصيل لتعطي المخرج الصورة المطلوبة لتصوره ، لذا فقد تم تقسيم المشاهد وتصميماتها لأجزاء صغيرة ليمكن تنفيذها واحدة تلو الأخرى بمساعدة برامج شركة (Adobe) و شركة (Autodesk) وغيرها من البرامج ، كالتالي :

- برنامج (Photoshop) : نفذ به بعض المؤثرات والتعديلات في ألوان مواقع الأحداث في كوكب Pandora ، كما استخدم لعمل تصاميم وكتالوجات الشخصيات والكائنات الخرافية في الفيلم .
- برنامج (Photoshop Extended) : استخدم لعمل تفاصيل تصميمات الشخصيات و لوضع صورة متكاملة لها لعرضها على المخرج قبل البدء في تنفيذها كمجسمات رقمية .
- برنامج (After Effects): استخدم لعمل صوره متكامله للفيلم لعرضها على شركة الإنتاج قبل البدء في تنفيذه .

حقوق النشر © ٢٠٢١ |المؤتمر DTAA21
dtaa21.conferences.ekb.eg

- برنامج (Maya): استخدم لتصميم النماذج الرقمية الثلاثية الأبعاد لشعب الـNa'vi وكائنات كوكب Pandora والآلات الحربية والبدلات الآلية والمركبات الفضائية للجيش الأمريكي ، كما تم استخدمه لوضع الملامس لهذه المجسمات وتحريكها وتصويرها ، وتم من خلاله وضع الإضاءة للفيلم ، كما تم استخدامه لتنفيذ مشاهد الإنفجارات و المحاكاة الرقمية للسوائل في تنفيذ الشلالات و الأنهار علي كوكب Pandora.
- برنامج (Muscle Stimulation) و برنامج (Facial Animation) : استخدموا لمحاكاة العضلات لتصميم شخصيات الـAvatar ثلاثية الأبعاد .
- برنامج (Mudbox) : استخدم لعمل النحت الرقمي والتفاصيل لشخصيات الـAvatar ثلاثية الأبعاد .
- برنامج (Mari) : بسبب عدم إيجاد استوديوهات (Weta Digital) لأداة تنفذ كل ما تريد بشكل كامل قاموا بتطوير برنامج خاص بهم يدعي Mari ، ويهدف لرسم ووضع ملامس أكثر دقة من أي برنامج سابق وذلك بالمشاركة مع البرامج التي سبق ذكرها .
- برنامج (Motion Builder) :عرض من خلاله مشاهد الفيلم أثناء التصوير بصوره مبسطه بدون تفاصيل وبصورة تشبه صورة العاب الفيديو البدائية فقط ليستطيع المخرج تحديد صحة الحركة في المشهد المصور مع التأكد من صحة موقع الحدث وأداء الممثلين .
- برنامج (Premiere Pro CS4) : استخدم لإتمام عملية تصدير مشاهد الفيلم للبرامج الأخرى ، كما تمت من خلاله عملية المونتاج للفيلم .
- برنامج (Renderman): نفذ البرنامج الإظهار لمشاهد الفيلم.
- برنامج (Flash) و برنامج (Illustrator CS4) : أنتجت من خلالهم ملصقات دعاية الفيلم ولوحاته الإعلانية .

٣,١,٣,٥ تقنيات التقاط الحركة Motion Capture :

- تم استخدام تقنيات (التقاط الحركة - Motion Capture) للجسم والوجه لصنع حركة الشخصيات ، و أسقطت الحركة على المجسمات الرقمية للشخصيات عبر برنامج الـ(Maya) .
- نفذت مجسمات شعب الـNa'vi قبل البدء في التصوير الحي ليتم عمل التحريك لكل شخصيات شعب الـNa'vi عبر التقاط حركة الممثلين ، وقد قام الممثلين بأداء كل الحركات التي تقوم بها الشخصيات حتى بالنسبة لمشاهد القتال وركوب الخيل والطيران .
- تم تطبيق تقنية التقاط الحركة حتى على الأحصنة لالتقاط حركة السير والركض منها وإسقاطها على المجسمات الرقمية للأحصنة على كوكب Pandora في الفيلم ، مع إسقاط الحركة على المجسمات في نفس وقت التصوير .
- صممت شخصيات شعب الـNa'vi مشابهة للممثلين ليتناسب ذلك مع التقاط حركة تعبيرات الوجه ، ليتم نقل أدق التفاصيل والتعابير للوجه وحركة الشفاه والعين ؛ لذا فقد تم تطوير وتصميم تقنية لالتقاط حركة الوجه وتعبيراته الدقيقة بكاميرا واحدة وإسقاط هذه الحركة الملتقطة على وجه المجسم الثلاثي الأبعاد المصمم للشخصية وتدعى هذه التقنية (Facial Capture System) ، وقد كان المسئول عن تطوير هذه التقنية وتطبيقها على الفيلم (Weta Digital) وشركة (Light Storm) واستديوهات (Giant Studios) .
- التقطت حركة الوجه وتعبيراته عبر تقنية (Facial Capture System) من خلال وضع خوذة التقاط الحركة المثبت بها كاميرا التقاط الوجه ، وذلك بعد وضع علامات خضراء على نقاط الحركة الأساسية في الوجه والتي تصنع التعبيرات وعضلات الوجه ، وترسم تلك النقاط فوق قناع شفاف يضعه فنيو المساحيق ، واستغرق وضع علامات الوجه خمس عشر دقيقة في كل مرة قبل بدء التصوير ، ويصل عدد هذه العلامات إلى ٧٠ علامة .
- تم عمل جلسات لتحليل نقاط الحركة والتعبير بالوجه لتحديد مكانها وذلك عبر جلسات الإيماءات وتسجيل ومسح بعض تعابير الوجه ، وإذا كان الحوار متوفر يتم تسجيل بعضه وذلك لتسهيل معرفة طبيعة كل وجه ووضع كل علامة في مكانها الصحيح .

٤,١,٣,٥ تقنيات شاشة الكروما Chroma Screen :

- تم تبادل الخلفيات المصورة عبر تقنية شاشة الكروما مع الخلفيات ثلاثية الأبعاد المخلقة عبر الـ"CG" ، من خلال تقنية (Simulcam) بالإشتراك مع برنامج (After Effects) .

٥,١,٣,٥ تقنيات أخري :

- استخدم في الفيلم تقنية (SpeedTree) : وهو نظام يعمل علي خلق و نحت مجسمات الأشجار والنباتات وتشابكها ، ويمكن تصدير المعلومات منه لاستخدامها في المشاريع المعمارية والمؤثرات البصرية ، ولقد كانت هذه التقنية أفضل خيار بالنسبة لتصميم النباتات بالفيلم ، حيث قال المشرف العام لقسم الإضاءة و الخدع الرقمية بالفيلم (ريتشارد بلوف -Richard Bluff) أنه تم إختيار هذه التقنية في وقت متأخر عبر قسمه لتنفيذ الغابات في عالم كوكب Pandora ، ولقد أثبتت هذه التقنية قدرة هائلة على إنتاج الغطاء النباتي للكوكب في الفيلم ، وقد نمذج ٤٠ نوع مختلف من الأشجار في الفيلم عبر هذه التقنية ، كما ساعدت على عكس رؤية المخرج عن موقع الأحداث ، كما أشار أنه كان من الممكن أن يتم التعامل مع النباتات في الفيلم كما هي في الأرض مع تغيير بسيط إلا أن وجهة نظر المخرج كانت مختلفة عن مظهر النباتات فأقتدي الأمر استخدام هذه التقنية ، والتي كان من المستحيل قبلها السيطرة على تصميم هذا الكم من النباتات وبتلك التفاصيل ، كما تقوم هذه التقنية بسهولة وسرعة على نمذجة وبناء غطاء نباتي واسع وتوليد أصناف نباتات إضافية عبر خاصية (البذر العشوائي - Randomized Seed) والتي استخدمت في الفيلم ، وقد صرحت شركة (IDV Digital) التي صممت البرنامج أن

حقوق النشر ٢٠٢١ © |المؤتمر DTAA21

البرنامج كان متاحا منذ عام ٢٠٠٢ م وقد تم استخدامه في تنفيذ العديد من الألعاب والأفلام والتصاميم المعمارية ، إلا أن فيلم (Avatar) أعطي للبرنامج بعد جديد واستخدمه بطريقة إبداعية غير مسبوقة رفعت من قيمة البرنامج ، شكل٢١.

- استخدمت تقنية (المسح الرقمي- Digital Scanning) للممثلين للمساهمة في تصميم الشخصيات و لمحاكاة ملامح وجة الممثلين و تطبيقها علي ملامح الشخصيات الرقمية بالفيلم .
- استخدام نظام تركيب الرقمي للخلفيات عبر بنائها افتراضيا ، فبدت الشخصيات داخلها وكأنها داخل عمق الغابات الواسعة ، وقد أنتج بذلك ١١٠ دقيقة رقمية و ٢٠ دقيقة بها مزيج بين المشاهد الحية والنماذج الرقمية .

شكل٢١،مشهد يظهر النباتات بكوكبPandora، والتي نفذت عبر خاصية(Randomized Seed)،
[http://www.avatarmovie.com/video-10.html]

٢,٣,٥ تصميم المجسمات الإفتراضية داخل الفيلم :

و قد تم تسخير هذه البرامج و التقنيات لتصميم و تنفيذ ١٨١٨ لقطة رسوم متحركة ثلاثية الأبعاد من مجمل لقطات الفيلم و هي ١,٨٥٢ لقطة ، مع إحتواء أكبر مشهد في الفيلم على أكثر من ١٠٠٠ مجسم رقمي ثلاثي الأبعاد مع إستبعاد شخصيات شعب الـNa'vi ، فكان مجمل النماذج الرقمية في الفيلم أكثر من ١٩٠٠ مجسم ثلاثي الأبعاد ، و تم تطبيقها كالتالي :

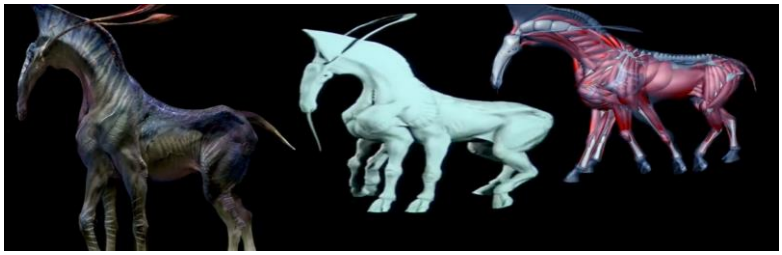
١,٢,٣,٥ تصميم البيئة الإفتراضية لكوكب Pandora :

- دارت أكثر من ٧٥٪ من أحداث الفيلم داخل الغابات المصممه رقميا على كوكب Pandora ، ولم يظهر حضور قوي للعنصر البشري داخل الفيلم ؛ فالفيلم في معظمه هو مشروع بصري يعتمد على التلاعب بالمؤثرات والتقنيات الجرافيكية و تخليق المشاهد الإفتراضية .
- وضعت تصاميم مبتكرة ومختلفة لصنع الكوكب ليبدو جميل ومميت في نفس الوقت ، و قد أنشئ لذلك ما يقارب الـ٩٠ بيئة رقمية للكوكب ، و صنع ٢٥ موقع لتصوير الأحداث ، تدرب فيها الممثلين على رمي السهام وفنون القتال وركوب الخيل واستخدام الأسلحة والطيران بالطائرات الآلية .
- وضع تصور لشكل كوكب Pandora قبل البدء في العمل بأربعة عشر عام ، وقد قام المخرج بعمل مجلدات وصفيه بصرية معقدة لما تخيله عن كوكب Pandora وسكانه وكائناته ، دون تحديد لأحداث أو الحوار بالفيلم وذلك في ٨٠ صفحة.
- قام فريق العمل أثناء التحضير للفيلم بالعمل على كتب التشريح للحيوانات والأسماك والطيور وكتب الملامس لإنشاء مجسمات رقمية ثلاثية الأبعاد لكائنات كوكب Pandora مبنية على أسس تشريحية وحركية سليمة ؛ فكان عالم Pandora رغم أنه خيالي إلا أنه يعتمد على علم حقيقي وبعض القوانين العلمية السليمة ، وقد تم كتابة ٣٨٠ صفحة في وصف كوكب Pandora الدقيق والعلمي .
- وضع ١٥٠٠ من التضاريس في أرض كوكب Pandora الإفتراضي .
- استوحي المصممين تصميم كوكب Pandora عبر مزج مظهر الغابات الاستوائية مع جزر هاواي ومظاهر من الطبيعة اليابانية وأدغال أفريقيا وأعماق المحيطات .
- وضع تصميم مختلف لطبيعة الألوان والإشعاع في كل شئ علي كوكب Pandora حتى تتلألأ المجسمات الحاسوبية ثلاثية الأبعاد كلها عند السير عليها أو لمسها مما يعطي جو مشابه لأعماق المحيط .
- تم بناء ٤٨٣ نموذج لنباتات الكوكب ومع إختلاف الملامس والخامات وصل العدد إلى ٣٠٠٠ نوع مختلف ، وبناء على ذلك فالملامس والخامات لعبة دور حاسما وكبير في الفيلم عبر خلق مجموعة متنوعة وغنية ومتقنة من النماذج الرقمية ثلاثية الأبعاد لكائنات الكوكب.
- صممت الجبال بالفيلم بناءا على مظهر الجبال الجيرية في الصين .
- تم الحصول على مظهر الجزر العائمة من جبال هوانغ في الصين .
- صمم مظهر المستعمرة البشرية في الفيلم من خلال تصميم المحطة النفطية في خليج المكسيك .
- نفذ تحريك مشاهد الغابات و أخذ زوايا الكاميرا و أحجام اللقطات فيها عبر برنامج الـ(Maya) ، و ذلك عبر تحريك الكاميرا في البرنامج داخل الموقع الإفتراضي المصمم داخله .

٢,٢,٣,٥ تصميم كائنات كوكب Pandora :

حقوق النشر © ٢٠٢١ |المؤتمر DTAA21

- تم بناء ٢٣ نموذج لحيوانات كوكب باندورا مع إختلاف الخامات والملامس لها فوصل العدد إلى ٦٨ نموذج .
- صمم أربع مخلوقات طائرة في كوكب باندورا .
- صمم حيوان يشبه القط ولكن بظهر مقوس ورفعت يديه الأماميتين إلي صدره ليتم استخدامها على نحو اليدين .
- صمم مخلوق يشبه الأحصنة مع وجود ٦ أرجل ، وقد تم إعطائها لون الأحصنة الميتة في الواقع ، مع تصميمه بتشريح قريب لتشريح الأحصنة ، وكان تحريك الأرجل الستة هو التحدي الأكبر بالنسبة لهذا المجسم حتى تم الاتفاق على أن تتبع القدمين في الوسط حركة القدمين الأماميتين لهم ، و وضع تغيير بسيط في حركة العضلات بسبب اختلاف حجمها عن الحجم الحقيقي للأحصنة الحقيقية ، شكل٢٢.



شكل٢٢، تصميم الأحصنة في كوكب Pandora ببرنامج الـ(Maya)،[http://www.avatarmovie.com/video-10.html]

٣,٢,٣,٥ تصميم شخصيات شعب الـ Na'vi **:**

- قد وضع تصور لشكل لشعب الـNa'vi قبل البدء في العمل بأربعة عشر عام .
- صمم ما يقارب ٥٣ نموذج لشعب الـNa'vi مع أكثر من ١٠٠ إختلاف بينهم .
- استخدم برنامج الـ(Maya) لتصميم وتنفيذ شخصيات الـ(Avatar) ثلاثية الأبعاد .
- بالنسبة لتصميم شخصيات الـAvatar و شعب الـNa'vi فقد قام المخرج بمخالفة التصميم المعتاد للفضائيين أصحاب البشرة الخضراء والرأس الكبير والجسد القصير وقرون الاستشعار؛ ليصنع نموذج لجسم شعب الـNa'vi تم تصميمه بحيث يكون بجسد طويل طوله عشر أقدام ورفيع أزرق بعضلات واضحة وله ذيل وأنف يشبه الأسد وأذن مدببة تشبه القطط و عينين لوزيتين.
- بسبب عدم رغبته في ألا يصبح وكأنها أجسام بشرية تم سكب طلاء أزرق عليها كان يجب وضع إحساس الدفئ و تدفق الدم تحت الجلد بها ، مع جعل الجلد ذا ملمس يبدو جيد تحت ضوء النار والشمس والأمطار ؛ فتم جعله مشابه للبلاستيك قليلا ، وللحصول على ملمس البشرة الجيد للشخصيات وجد المصممين أن البشره الخاليه من العيوب هي سيئة المظهر وغير طبيعية ؛ لذا قاموا بإضافة اللون الوردي تحت عيون الشخصيات مع إضافة طابع مسامي للجلد وطبقات طينية مع القليل من اللون الأحمر للبشرة مع مراعاة عدم تحول الجلد للون الأرجواني ، كما أضيفت الشوائب للجلد ، وكل ذلك أضيف لخرائط الملمس في برنامج الـ(Maya) ليساعد على مد المظهر بشيء من الواقعية .
- قام المصممون بمد الشخصيات بإضاءة الغابة التي تغير لون وملمس الشخصية بشكل بسيط ؛ وذلك لبعث الحياة فيها وإعطائها طبيعة متلألئة أثناء الليل .
- تم إعطاء نباتات الغابة مظهر التلئلئ والإضاءه لتعكس ضوئها علي الشخصيات .
- تم تنفيذ نماذج مجسمة لشخصيات شعب الـNa'vi ، فصنع مجسمين من الشمع بالحجم الطبيعي واحد لأنثي وأخر للذكر، استخدمو في وضع التصاميم المختلفه لكل أفراد القبيلة ، مع استخدامهم لضبط الملامس والإضاءة في المجسمات الرقمية ، شكل٢٣ .
- لم تكن المؤثرات البصرية هي المسئول الوحيد عن نقل المشاهد لهذا العالم بل كانت المؤثرات الصوتية مساهم قوي في ذلك أيضا، فلقد ساهمت الموسيقى التصويرية والمؤثرات الصوتية في بناء الجانب النفسي والروحي لشعب الـNa'vi بالفيلم ، مع الكثير من المؤثرات المختلفة التي تم تنفيذها لكائنات كوكب Pandora وحيواناته ، بالإضافة للغة شعب الـNa'vi التي قام بصياغتها أحد أستاذة اللغويات بجامعة كاليفورنيا عبر مزج العديد من أصول اللغات القديمة لشعوب أفريقيا والهنود الحمر ، وقد أسس لغة مكونة من ١٠٠٠ كلمة تعلمها وتحدث بها كل أبطال العمل، مما مد الفيلم بلمحة طبيعية وحقيقية .
- كانت حركة عين شخصيات الـ(Avatar) ثلاثية الأبعاد هامة جدا لأنها الوسيلة الأقوى للتعبير، فلم يكن شعب الـNa'vi يملك حاجبين مع وجود قزحية عين كبيرة جدا، ومع صعوبة إيضاح تعبيرات الوجه بدون حاجبين فقد وضع خطين للتعبير عن مكان الحاجبين ، وقد استغرق ضبط حركة العين قدر كبير من الوقت .
- بالنسبة للذيل والأذن فقد كانت حركتهم مهمة لأنها تزيد من طبيعية تعبيرات الوجه وأداء الجسد عبر حركتهم مع الإنفعالات مثلما يحدث مع القطط ، إلا أن تحريكهم تم بالطريقة الرقمية التقليدية للتحريك على برنامج الـ(Maya) وليس عبر التقاط الحركة .

حقوق النشر ٢٠٢١ © |المؤتمر DTAA21

شكل٢٣، تصميم وتنفيذ شخصيات الـNa"vi عبر برنامج الـ(Maya)،[http://www.avatarmovie.com/video-10.html]

٤,٢,٣,٥ تصميم الالآت و المركبات في الفيلم :

- تم صنع ٤٣٥٢ مجسم رقمي للآلات في الفيلم .
- صممت المجسمات الإفتراضية للطائرات في الفيلم بشكل هندسي صحيح يشبه الطائرات الحقيقية لكي يعطي مظهر قوي وبه مصداقية وسرعة وسلاسة في الحركة بالنسبة لمشاهد الآلات في الفيلم ، و لتصوير مشهد الطائرات صنع مجسمات من السلك لتحديد ما يريد المخرج تطبيقه من حركة داخل تلك المشاهد .
- بالنسبة للبدلة الآلية العسكرية الضخمة الخاصة بالجيش الأمريكي بالفيلم فقد صممت للتحكم بها مثل العاب الفيديو عبر حركة قفاز يرتديه قائد البدلة الآلية ، وصممت لتظهر بمظهر قوي مصنوع من المعدن ويمكنها أن تقوم بسحق مبنى صغير وطولها ٦٠ قدم ، وقد صنع بدلة واحدة فقط حقيقية منها لتصوير المشاهد التي سيدخل بها قائد الجيش البشري للبدلة ، و صنع نماذج رقمية لباقي النسخ لإستخدامها في مشاهد الحرب والسير في الغابات ، شكل٢٤ .

شكل٢٤، تصميم البدلة الآلية للجيش البشري ببرنامج الـ(Maya)،[http://www.avatarmovie.com/video-10.html]

٦. التقنيات الإفتراضية الرقمية والسينما العربية:

أصبحت المناظر الإفتراضية و المجسمات الرقمية ثلاثية الأبعاد واقع ملموس في معظم الإنتاج السينمائي العالمي ، حيث يلجأ لهم صناع السينما لتحقيق رؤى وأبعاد سينمائية خاصة يستحيل الوصول لها عبر الوسائل التقليدية ، بالإضافة إلى توفير قدر كبير من النفقات و الوقت و الجهد المبذول ، مما دعم أنماط فيلمية متعددة داخل الإنتاج العالمي ، مثل أفلام الخيال بأنواعه (الرعب ، الفانتازيا ، و الخيال العلمي) و التي تحتاج أكثر من غيرها لطبيعة خاصة في التنفيذ ، ورغم هذا الانتشار والنجاح العالمي لهذه الأفلام ، و الذي كان السبب الرئيسي به هو تقنيات الجرافيك الرقمية لمشاهدها ، إلا انها مازالت بعيدة كل البعد عن السينما العربية دون ظهور أسباب مؤكدة علميا تثبت حقيقة هذا التراجع الواضح ، إلا أن هناك بعض الأسباب المرجحة لهذا الغياب ، و التي تتركز في عدة نقاط منها الميزانيات الضخمة التي تحتاجها هذه التقنيات ، فعلى الرغم من أن استخدام التقنيات الرقمية لصناعة الواقع الإفتراضي بالأفلام يقلل من تكاليف الإنتاج إلا أن ذلك مازال يتطلب ميزانيات تفوق الإنتاج العربي بشكل كبير .

كما يعد افتقار السينما العربية لتوافر هذه التقنيات و كذلك الخبراء المؤهلين للتعامل معها بشكل فعال لحصد أعلى استفادة منها ، هما العائقين الأساسيين أمام إقتحام السينما العربية للعهد الرقمي .

و قد ساهم بزيادة التأخر إنحصار السينما العربية و إنتاجها في تقديم الواقع الوهمي الذي تعرضه الأفلام التقليدية و أنواعها التي توقفت عند أنواع محدودة من الأفلام كالأفلام الإجتماعية و الرومانسية و الكوميدية و القليل من الأكشن السطحي ، بالإضافة إلي قناعة المشاهد العربي بعجز السينما العربية عن الفرار من هذه الأنواع للنوع الخيالي بفروعه ، مما أضعف الحافز لدى صناع السينما العربية لتدمير تلك القناعة باقتحام إنتاجات فيلمية يقتضي تنفيذها التعامل من التكنولوجيا الرقمية السينمائية .

حقوق النشر ٢٠٢١ © |المؤتمر DTAA21

و بما أن سوق التوزيع واحد من أهم أسباب تقدم أو تأخر صناعة السينما بشكل عام ؛ فإن علاقة السوق داخل الوطن العربي و إغلاق السوق العالمية أمام الأفلام العربية أحد أهم الأسباب التي تحكمت في إنتاج الأفلام العربية و قصرها و الحد من إبداعاتها و تطورها .
و كذلك عدم دعم المؤسسات والشركات العربية المنتجة للعمل بأنواع الأفلام التي تقتضي مشاهد الجرافيك الرقمي و المحاكاة الإفتراضية ؛ و ظل تقديم الـ(CGI) في الأفلام العربية مجرد مجهودا فرديا من صناع الأفلام و فناني الجرافيك و مهندسي المناظر و المخرجين و غيرهم من المهتمين بتطوير المجال السينمائي العربي .
و يجب الإشارة أنه قد بدء ظهور عدة محاولات فيلمية تستخدم التقنيات الرقمية و الواقع الإفتراضي لكن بعدد متواضع و إنتاج ضئيل و بدائي بالمقارنة بالإنتاج العالمي ، مما وضع السينما العربية كثيرا في منافسة غير متكافئة بينها وبين التقدم العلمي والتقني الذي حظت به السينما العالمية .
و مع غياب الدعامات الأولية لإقتحام السينما العربية للعهد السينمائي الرقمي عجزت عن تقديم نماذج سينمائية ناجحة عالمية .

٧. النتائج والتوصيات :

١,٧ النتائج :

من خلال الدراسة النظرية التحليلية تم التوصل إلى مجموعة من النتائج التي يجب أن توضع في الاعتبار لتكمل أهداف الدراسة ، وتلك النتائج هي:

- إن الأفلام السينمائية و مظهرها و ما تقدمه عن صورة التكنولوجيا المنتجة لها ، تعتبر دليل ملموس على أن للفن القدرة على تجسيد تقدم الإنسان التكنولوجي و التنبؤ بمستقبل هذا التقدم .
- لابد من اكتساب مصمم المؤثرات البصرية الجرافيكية صفة التمتع بالمرونة والقابلية في اكتساب ثقافات مختلفة وتطوير إمكانياته الفنية وتعلم التقنيات الحديثة دون أن يفقد هويته الفنية .
- استطاعت السينما العالمية تقديم رؤية لمستقبل البشرية عبر الأنماط الفيلمية الخيالية التي كان من المستحيل تنفيذها دون اللجوء الكامل للتكنولوجيا السينمائية الرقمية .
- ساهمت تقنيات الجرافيك الرقمية في تحقيق أعلي المبيعات و الجوائز العالمية للأفلام المنفذة بها .
- استطاعت تقنيات الجرافيك الرقمية إختصار الجهد و الوقت و الميزانيات الإنتاجية ، كما عملت على خدمة الشكل العام للأفلام و تقديمها في قوالب متعددة مناسبة للتطور العالمي الحالي .
- إختلاف وضع السينما العربية عن السينما العالمية بسبب طبيعة جهات الإنتاج و الجمهور .
- افتقار السينما العربية للأفلام الخيالية بأنواعها نتيجة لافتقار الإمكانيات التكنولوجية والتقنية لتنفيذها ، مع غياب السوق الداعمة لإنتاج هذه النوعية من الأفلام في العالم العربي .
- افتقار الكثير من السينمائيين العرب للأدوات الفنية ، مثل فنون الشكل و المضمون و الصياغة السينمائية المتزنة للوصول لروح العصر و غرض العمل السينمائي .
- غياب الصورة التشكيلية المعبرة عن روح العمل الإبداعي في ظل التدهور الحالي في صناعة السينما العربية .
- بعد المخرجين وكتاب السيناريو و المنتجين في العالم العربي عن الأفلام الخيالية ، لصعوبة تنفيذ هذه الأفلام دون دعم التقنيات الرقمية الحديثة ، و كونها تحتاج لتحضير ضخم ودراسات علمية متأنية و واسعة تستغرق وقت و جهد و ميزانية ضخمة .
- مازالت المجتمعات العربية تنظر بسطحية لإنتاج السينما العربية ، وبالتالي يحجم ذلك الكثير من المؤسسات الثقافية وشركات الإنتاج السينمائية عن تنفيذ أنماط فيلمية جديدة تواكب التطور التكنولوجي السينمائي العالمي ، مع عدم إدراك أهمية هذه الأفلام في تطور العلم والتكنولوجيا وفي إعداد مجتمع مبدع ومخترع يواكب التطور المستقبلي .
- إن الاتجاه الأساسي للسينما العربية هو الاتجاه الكمي لتنفيذ أكبر قدر متاح من الأفلام حسب ميزانية الشركات المنتجة ، مع إهمال الإتجاه الكيفي الذي يحقق التطور السينمائي المرجو ، و تأثير هذا الشكل من الإنتاج على التدهور الحالي للسينما العربية.
- أحد أسباب الازدهار الإنتاجي للسينما العالمية هو أساليب التسويق الذكية المستخدمة من قبل الشركات المنتجة ، و التي يفتقر لها الإنتاج العربي .

٢,٧ التوصيات :

- توصي المؤلفة بتدريس تقنيات الجرافيكية الرقمية بأنواعها و المحاكاة الافتراضية في السينما بشكل موسع داخل المؤسسات الأكاديمية السينمائية ، ودعم هذه الدراسات بالتجارب العملية والبحوث لتطوير إستخدامها داخل السينما العربية كنظائرها من الفنون السينمائية الأخرى .
- العمل على تدريب الفنانين والتقنيين العرب للاستفادة منهم ومن قدراتهم الفنية والإبداعية في تنفيذ الأفلام عبر تقنيات الجرافيكية الرقمية كتطوير للمجال السينمائي .
- عمل دراسات علمية متأنية و واسعة لدعم تطوير الأنماط السينمائية العربية و إقتحامها مجال الإنتاج العالمي ، كنوع من دعم وتطوير خيال المشاهد العربي ونشر ثقافة العلم ، والبعد عن سينما العشوائيات والفزع والجريمة .

حقوق النشر ٢٠٢١ © |المؤتمر DTAA21 dtaa21.conferences.ekb.eg

- وضع منظومة متكاملة للنهوض بالسينما العربية بأنواعها الفيلمية لتحاكي الوضع العالمي .
- توفير رؤوس الأموال المباشرة والغير مباشرة من قبل الجهات الحكومية المعنية في الدول العربية ؛ لدعم الإنتاج السينمائي العربي وتطويره ، مع وضع خطة إنتاجية محكمة لرفع مستوى هذا الإنتاج ليكون قابل للتسويق عالميا .
- محاولة التركيز على السوق العربية وتطوير آلياتها ، عبر مواكبة متطلبات الجمهور لإنتاج نوعية من الأفلام في العالم العربي تصل لمستوى الأفلام العالمية من ناحية تقنيات تنفيذها وجودة موضوعاتها وتنوعها .

٨. الشكر و التقدير :

أتوجه الله عز وجل بما يليق بجلال عظمته بالحمد والشكر على عطائه وتوفيقه لي ؛ بأن أمدني بالصبر والعون على إتمام هذا البحث ، راجية من الله أن يجعله عملا صالحا وعلما نافعا ، و يشرفني أن أتقدم بكل الشكر والتقدير إلى أستاذي :
الأستاذ الدكتور / محمد محمد غالب حسان ، على خالص مجهوداته ورعايته العلمية خلال سنوات دراستي، و الذي توجه بالإشراف على هذا البحث ، وعلى ما بذله من جهد خلال إشرافه و توجيهاته وآرائه القيمة ، والتي كان لها أعمق الأثر في إثراء البحث .
كما أتقدم بخالص الشكر والتقدير إلى ..
الدكتور / سالي أحمد محمد الزيني ، على تكرمها بالإشراف على البحث ، وعلى ما بذلته من جهد خلال إشرافها و توجيهاتها القيمة .
والله ولي التوفيق ..،__

٩. مراجع :

١,٩ المراجع العربية :

أشرف مصطفى لبيب (٢٠١٦م) التصميم الإفتراضي للمنظر السينمائي ،الطبعة الأولي ، الأمل للطباعة والنشر ،مصر،القاهرة ، الهيئة العامة لقصور الثقافة.
برنارد ف. ديك (٢٠١٣م) تشريح الأفلام، ترجمة محمد منير الاصبحي ، منشورات وزارة الثقافة ، سوريا، دمشق ، المؤسسة العامة للسينما.
ثريا محمد محمود صبيح(٢٠٠٨م) رؤية فنية ابتكارية لبناء شخصية كرتونية لطفل باستخدام البرامج ثلاثية الأبعاد ، رسالة ماجستير غير منشورة ، مصر، القاهرة ، قسم الجرافيك ، كلية الفنون الجميلة ، جامعة حلوان .
سمير فريد (١٩٨٨م) السينما العربية المعاصرة ، المجلس الأعلى للثقافة ، مصر، وزارة الثقافة.
عامر حسن عيسى (٢٠٠٩م) دور التطور التقني في التعبير عن نموذج المسخ والتحولات في فيلم الرسوم المتحركة عند "والت ديزني"، رسالة ماجستير غير منشورة ، مصر، القاهرة ، قسم الرسوم المتحركة ، المعهد العالي للسينما ، أكاديمية الفنون .
قيس الزبيدي (٢٠١٣م) مونوغرافيات "في الثقافة السينمائية " ، مصر، القاهرة ، الهيئة العامة لقصور الثقافة .
محمد محمد غالب حسان (٢٠٠٣م) تحريك الدمى في افلام الرسوم المتحركة ، رسالة ماجستير غير منشورة ، مصر، القاهرة ، قسم الجرافيك ، كلية الفنون الجميلة ، جامعة حلوان .
محمد غالب حسان (٢٠١٢م) الرسوم المتحركة "تصميم – تقنيات – إخراج"، مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع ، عمان، الأردن.
ماجد مصطفى أمين جاهين (٢٠١٠م) تأثير التقنيات الرقمية ثلاثية الأبعاد في الرسوم المتحركة للأطفال من سن ١٠ سنوات حتى سن ١٦ سنة (دراسة تطبيقية ذات رؤية لقصة انتصار حورس) ، رسالة ماجستير غير منشورة ، مصر، قسم التصميمات المطبوعة ،كلية الفنون الجميلة ، جامعة الاسكندرية .
ماجد مصطفى أمين جاهين(٢٠١٤م) الرؤية الإبداعية والمؤثرات الجرافيكية في الإخراج الفني للأفلام الخيالية، رسالة دكتوراه غير منشورة ، مصر، قسم التصميمات المطبوعة ، كلية الفنون الجميلة ، جامعة الإسكندرية.
محمود عطية المهدي حسين (٢٠٠١م) تقنية تحويل الحركة إلى رسوم متحركة ، رسالة ماجستير غير منشورة ، مصر، القاهرة ، قسم الجرافيك ، كلية الفنون الجميلة ، جامعة حلوان .
مصطفى أمين علي الفرماوي (١٩٩٩م) التأثير التقني والإبداعي لبرامج الكمبيوتر جرافيك في الرسوم المتحركة ، رسالة ماجستير غير منشورة، مصر، القاهرة ، قسم الجرافيك ، كلية الفنون الجميلة ،جامعة حلوان .
منى الصبان(٢٠٠١) فن المونتاج في الدراما التليفزيونية وعالم الفيلم الإلكتروني ، مصر، القاهرة ،الهيئة العامة للكتاب.
ناصر مصطفى السيد ناصر (١٩٩٤م) الربط بين الرسوم المتحركة والحركة الحية ، رسالة ماجستير غير منشورة ، مصر، القاهرة ، قسم الجرافيك ، كلية الفنون الجميلة ، جامعة حلوان .

حقوق النشر ٢٠٢١ © |المؤتمر DTAA21

٢,٩ المراجع الأجنبية:

Barbara Flueckiger, (2011), Zur digitalen Animation von Körpern in Benjamin Button und Avatar. In: Harro Segeberg (ed.): Digitalität und Kino. Munich: Fink, translated from the German by Benjamin Letzler, Computer Generated Characters in Avatar and Benjamin Button.

Doug Kelly, (1988), Character Animation in Depth, cordis.

Richard Rickitt, (2000), Special Effects the History and Technique, Bill board Books, USA.

Rohman Romadhon ,(2011), An analysis Of Environmental Issues Using Ecocriticism In James Cameron 's Film Avatar , English Letters Department , Letters And Humanities Faculty, State Islamic University ,Syarif Hidayatullah Jakarta .

٣,٩ المجلات أو المقالات المسلسلة من المواقع الإليكترونية:

أ.د. فارس مهدي القيسي (٢٠٠٧م) التكنولوجيا الرقمية في الإنتاج السينمائي والتلفزيوني ، بحث منشور بواسطة Iraqi Al-Academy Journal ، بغداد ، العراق .
تاريخ دخول الموقع ٢٠٢١/١٠/٢٠م
تم الاسترجاع من [Https://jcofarts.uobaghdad.edu.iq/index.php/jcofarts/article/view/954].
(٢٠٠٨ م -٢٠٠٩ م) مجلة الخيال العلمي ، العدد الخامس والسادس "عددان مجمعان" ، وزارة الثقافة ، الجمهورية العربية السورية ، دمشق .
تاريخ دخول الموقع ٢٠٢١/٩/٥م .
تم الاسترجاع من [https://books-library.net/free-1027210381-download].
عوالم اخري (٢٠١٠) مجلة آفاق العلم ، العدد رقم ٣٢ ، تصدر ضمن مشروع العلوم والمعرفة للجميع ، مصر.
تاريخ دخول الموقع ٢٠٢١/٩/١م .
تم الاسترجاع من[www.freewebs.com/sci-prospects] .

٤,٩ مواقع الإنترنت:

Retrieved from: Http://www.Novasite,sfx.com
Accessed (8-9-2021)
Retrieved from: http://blog.agdn-online.com ، مقدمة في أنظمة إلتقاط الحركة
Accessed (7-9-2021)
Retrieved from: http://webneel.com/3danimationmoviemakingprocessandbehindscenesavatar -
Accessed (9-10-2021)
Retrieved from: https://www.adobe.com/showcase/casestudies/avatar/casestudy.pdf -
Accessed (23-3-2021)
Retrieved from: https://www.youtube.com/watch?v=P2efxouZZB0
Accessed (25-9-2021)
Retrieved from: https://www.scribd.com/document/29205746/CaseStudy-Mari-Avatar -
Accessed (20-9-2021)
Retrieved from:
http://www.cgw.com/PressCenter/News/2010/LucasfilmStandardizesOnSpeedTreeForVegetati. aspx Accessed (10-9-2021)
Retrieved from: Https://knowledge0world.blogspot.com/2012/09/blog-post_17.html.
Accessed (27-9-2021)
Retrieved from: http://www.avatarmovie.com/index.html - Accessed (20-10-2021)
Retrieved from:
http://www.cgw.com/Publications/CGW/2009/Volume32Issue12Dec2009/CGInAnotherWorld. Aspx - Accessed (10-10-2021)
Retrieved from: Http://www.yabeyrouth.com/pages/index3382.htm.
Accessed (23-10-2021)

حقوق النشر ٢٠٢١ © المؤتمر DTAA21