

## التطور التكنولوجي للمؤثرات البصرية علي تصميم شخصيات الرسوم المتحركة في الأفلام الحية The Technological Development of Visual Effects and the Animation Character in Life Action

منار وجيه محمد صابر

معيدة بقسم الفوتوغرافيا والسينما والتلفزيون - المعهد العالي للفنون التطبيقية - التجمع الخامس

**كلمات دالة Keywords:**  
الرسوم المتحركة  
Animation  
التصوير الحي  
Live Action  
التقاط الحركة  
Motion Capture  
الكروما  
Chroma  
المؤثرات الخاصة  
Special Effects  
المؤثرات البصرية  
Visual Effects

### ملخص البحث Abstract:

لفيلم هو فن مصنوع بواسطة ثقافات والأفلام تعكس هذه الثقافات، وأيضاً تؤثر فيها. إن صناعة السينما والإنتاج السينمائي تحولت مع تحول المجتمع وتطوره فمن الأفلام البسيطة الصامتة، إلي الأفلام الواقعية التي ترصد الحياة بايجابياتها وسلبياتها، إلي أفلام الخيال العلمي وأصبح إنتاج الأفلام سوق ضخماً يلقي رواجاً كبيراً في المجتمعات المختلفة وتعتبر هوليود الرائدة في مجال الإنتاج السينمائي للأفلام ومن ضمنها الأفلام الحية التي تشمل شخصيات من الرسوم المتحركة. وقبل دخول التكنولوجيا الرقمية كانت صناعة الأفلام تميل أكثر للواقعية وكانت الخدع والحيل المستخدمة بسيطة مقصورة فقط أثناء عملية التصوير مثل التصوير مع الأيقاف يتم تصوير حقيقيه ثم توقف الكامير وتعير مكانها ويتم التصوير مره اخري فعند العرض تظهر وكان الحقيقه تتحرك من تلقاء نفسها ولكن مع تطور التكنولوجيا الرقمية وظهور المؤثرات الخاصة والبصرية (VFX-SFX) وأستخدامها معاً اتاحت لصانعي الأفلام مجال اوسع لتحقيق الخيال وعرضه كالأوقع في السينما واصبحت الخدع والحيل تنفذ بعد تصوير الفيلم وهذا اعطي للمشاهد الأثارة والأبهار والأنجذاب أكثر إلي الفيلم، وايضاً تطورت طرق تنفيذ شخصيات الرسوم المتحركة داخل الفيلم الحي من الشخصيات المرسومة يدوياً ثنائية الأبعاد علي ورق الي شخصيات رقمية ثنائية الأبعاد الي شخصيات رقمية ثلاثية الأبعاد، وأستخدام نظام التقاط الحركة وادخل الحركة لشخصية مصممة بالكمبيوتر تحت تنفيذ الحركات بطريقة اسهل كما اضافت للشخصية الكرتونية المرونة في الحركة ومحركات الشخصية الحقيقيه، وهذا التطور اسرع من عملية تصميم الشخصية الكرتونيه واعطتها الدقه كما ساعدت علي تحول الأفلام ثنائية الأبعاد الي ثلاثية الأبعاد. فواكبت السينما والأفلام العالميه أستخدام التكنولوجيا المتطورة الرقمية من المؤثرات الخاصة والمؤثرات البصرية، والأستفاده من هذا التطور في إنتاج الأفلام السينمائيه المصريه وهذا سوف يعطي لصانعي الأفلام القدره علي الأبداع أكثر وتحقيق درجة الأبهار والتشويق في العمل السينمائي للمشاهد وذلك من خلال معالجة متطلبات التكوين واتاحت تنفيذ الخيال داخل الفيلم، فاليوم المؤثرات الخاصة والمؤثره البصرية هي جزء هام في الأفلام السينمائيه واصبحت جزء لا يتجزء منها.

Paper received 10<sup>th</sup> July 2017, accepted 5<sup>th</sup> August 2017, published 1<sup>st</sup> of October 2017

### أهداف البحث: Objectives

#### يهدف البحث الي :

- التعرف على نظم المؤثرات الحديثه المستخدمه في الأفلام.
- تناول الطرق الحديثه المستخدمه لتصميم الشخصيه الكرتونيه ودمجها مع الأفلام الحيه.

### منهج البحث: Methodology

يستخدم البحث المنهج الوصفي التحليلي.

### حدود البحث: Delimitations

تطبيق البحث في الأفلام السينمائه العالميه.

### الاطار النظري: Theoretical Framework

#### المؤثرات الخاصة (SFX) Special Effects:

هي المؤثرات التي يتم تنفيذها داخل موقع التصوير اثناء التصوير بالطرق الميكانيكية او البصريه مثل اظهار شخصيات تخفي في الدخان أو شخص يتحول الي شخص اخر او عمل حركة اسرع من الطبيعي او ابطئ، ويطلق عليها SFX.

#### المؤثرات البصريه الخاصة (VFX) Visual effects:

هي مؤثرات رقمية يتم تنفيذها بواسطة الكمبيوتر بعد الانتهاء من مرحله ما بعد الإنتاج أي بعد الانتهاء من عملية التصوير الحي وتعتبر أكثر دقه ويطلق عليها (VFX)، فالمؤثرات البصريه يمكن إضافتها الي صورة واقعيه تم تصويرها من خلال الكثير من الطرق مثل Matte Painting , Rear and Front Projection او يمكن أن تصنع بها فيلماً كاملاً من ممثلين وبيئه وتمثيل وديكورات افتراضية وما الي ذلك من عناصر مثل افلام الرسوم المتحركة.

ولايعمل كل من مشرف المؤثرات الخاصة و مشرف المؤثرات البصريه بمعزل عن الاخر، فكلاهما يكمل بعضه البعض و كل منهم يساعد الاخر في تنفيذ عمله، حيث نجد ان الأول يقدم الي

### المقدمة: Introduction

السينما تحاكي الحياة صوتاً وصورة، شعوراً وحركة، تترجم كل ما نواجهه في الحياه من شر وخير ومن حزن وفرح. وعند تنفيذ الأفلام كان لصناع السينما حدود الواقع فقط من تصوير لقطات، كما ايضا واجهت مصممي شخصيات الرسوم المتحركة مجهوداً كبيراً في تصميم الحركة فكانت تنفذ يدوياً وهذا يتطلب وقت طويل للانتهاء من الحركة.

وعند ظهور المؤثرات الخاصة اصبح لصانعي الافلام حدود اوسع عن الواقع من تركيب وتجميع اللقطات وكانت من ضمن هذه الخدع الجمع بين شخصيات الرسوم المتحرك والتصوير الحي ولكنها كانت تأخذ مجهود ووقت كبير في تنفيذها كما واجهت قلة الدقه في التنفيذ حيث كانت خطوات التنفيذ تظهر اثناء العرض، ولكن مع التطور الرقمي وتطور المؤثرات الخاصة وظهور المؤثرات البصريه أصبح الكمبيوتر هو ما يقوم بكل المؤثرات البصريه والخدع المطلوبه وبهذا اتاح لصناع السينما الحريه في التعبير والأبداع وسهوله تنفيذ الخدع دون تعب. وساعدت ايضاً الوسائط الرقمية علي تطوير شكل شخصيات الرسوم المتحركة في التجسيم وتنفيذ الحركة اصبحت اسهل واسرع كما ساعدت البرامج الرقمية القدره علي خلق مجسمات مستحيلة والذي يحاول من خلالها الوصول الي مصداقية عالية لدي المتلقي، فالغاية من الوسائط الرقمية هي الوصول الي صورة رقمية بأدق التفاصيل الي جانب محاولة المحاكاة للوصول الي الواقعيه المثاليه عند دمج الرسوم مع الافلام الحية وهذا واضحا حالياً في السينما العالميه.

### مشكلة البحث: Statement of the Problem

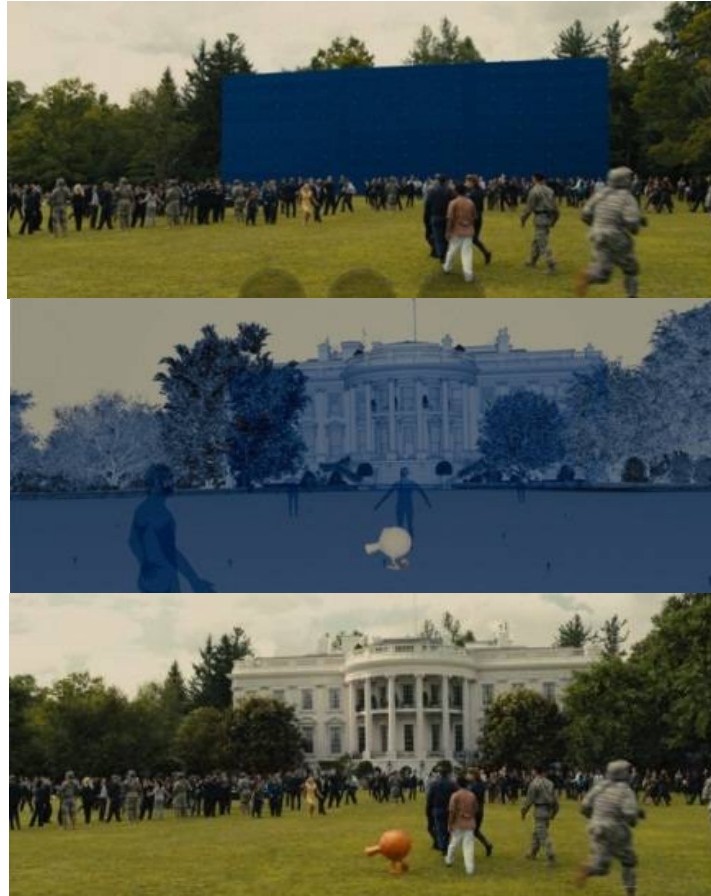
طرق للأستفاده من المؤثرات البصريه، وكيفية توظيف شخصيات الرسوم المتحركة لتحقيق التكامل مع الواقع السينمائي للشخصيات الحقيقيه.

الي عملية التركيب التي تسمح بالمزج بين العناصر الحيه وعناصر اخري مما يجعل من الصورة أكثر ابداعية دون اي حدود (شكل1)(شكل2).

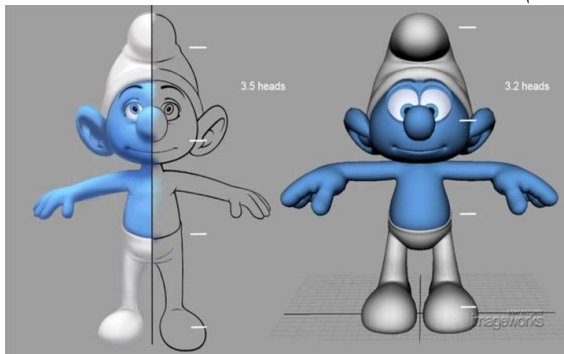
الثاني جميع المادة الخام من ثلج ودخان ومياه ولهب وأي عناصر اخري لكي يتم استخدامها فيما بعد في عمليات التركيب كما ايضا يساعد في تنفيذ اعمال الشاشة الزرقاء او الخضراء والتي يطلق عليه كروما Chroma لكي يتم تنفيذها بشكل صحيح. بالاضافة



شكل (1) يوضح استخدام كل من SFX , VFX لقطه أثناء التصوير باستخدام الكرومه وبعد الانتهاء من المونتاج بتفريغ الكرومه الي خلفيه الصورة - لقطه من فيلم Beauty and The Beast 2017



شكل(2) يوضح خطوات العمل أثناء التصوير بوضع الكرومه وبعد تصميم الخلفيه و الشخصيه الكرتونيه وتحديد الموقع ومرحلة التركيب والعرض النهائي - لقطه من فيلم Pixels2015

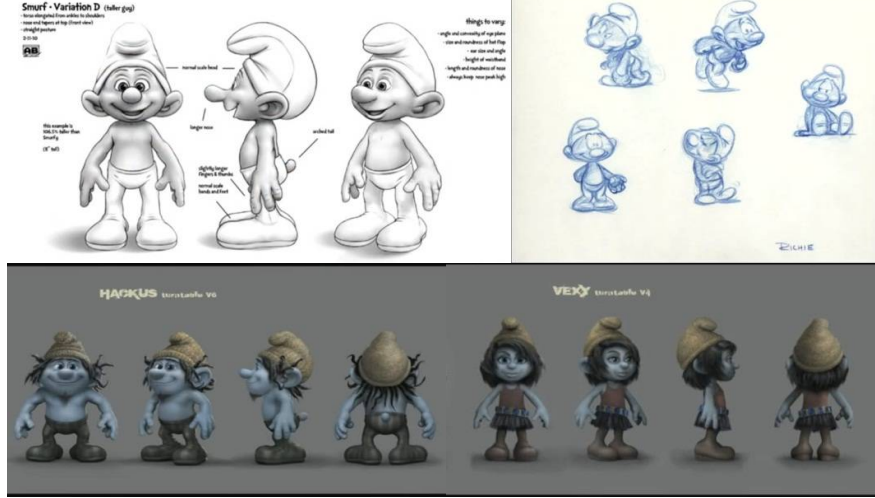


شكل(7) توضيح عملية التحويل من ثنائي الي ثلاثي الأبعاد

طريقة تنفيذ شخصيات الرسوم المتحركة 3D بالكمبيوتر: تعرف الرسومات ثلاثية الأبعاد ب CGI وهي اختصار لـ Computer Generated Image وهي تمثل مجموعه من الصور المرسومة بواسطة الكمبيوتر, وعندما نقوم بإنشاء المشهد في الفيلم باستخدام نظام التصميم الثلاثي الأبعاد والأضواء والكاميرا فان جهاز الكمبيوتر سيعمل علي معالجة المشهد و تحويله وبذلك نحصل علي صورة ثلاثية الأبعاد شكل (7).  
أن عمليات التحويل أو المعالجة هي عباره عن عمل حساب الأضواء والظل والنقوش والألوان المستخدمه في التصميم وكذلك حساب حركة العناصر الحركية الا أن تحصل علي سلسلة متعاقبة من الرسومات ثنائية الأبعاد والتي تؤثر بشكل فعال جداً في المشهد الواقعي الذي نرغب بالحصول عليه.

الشخصيات باستخدام عملية تعطي لسطوح مختلفة ثم تجمعها معا شكل (9). وتحتاج هذه الشخصيات ان تكون بشكل ناعم لا يحتوي على تجاعيد وهذا لان التحريك قد يعمل على تشويه التصميم قليلا وذلك اثناء ثني وفرد مساحات محددة مثل المفاصل.

**تصميم الشخصيات 3D:** تعتبر أول خطوة في التصميم وبناء الشخصية ثلاثية الأبعاد هو أن يقوم المصمم برسم عدة رسومات سريعة للشخصيات في زوايا مختلفة، وهي الوجه و الجنب و الخلف و الثلاث اربع Character Model Sheet شكل (8)، ثم يتم بناء



شكل (8) Character Model Sheet من فيلم The Smurfs



شكل (9) يوضح تجسيم الشخصية ثلاثية الأبعاد من فيلم Alvin and the Chipmunks

لضمان حركة المفاصل بالصورة الصحيحة دون ظهور اي كسر، ولتعطي الحرية الكاملة في عمل اي حركة مطلوبه في اللقطة شكل (10).

**تحريك الشخصية:** ويعتمد تحريك الشخصية على نظام قائم على وضع هيكل يتم ربطه بالشخصية يحاكي الهيكل العظمي في الحقيقه ويعد هذا الهيكل



شكل (10) الهيكل العظمي الأساسي أثناء التصميم

بنقل المعلومات الخام من الممثل الحقيقي الي الكمبيوتر، والآخر برمجى Software حيث يقوم بمعالج وتحليل المعلومات التي استلمها من الجزء المادي ليستنبط معلومات يمكن الاستفادة منها في تحريك الشخصيات الافتراضية.

ويمكن الأستعانه بنظام النقاط الحركة لمحاكاة الواقع في بعض الحركات عند تصميم الحركة للشخصية شكل (11). ويعتمد هذا النظام على مبدأ عملها على مجموعة من الحلول لألتقاط معلومات الحركة من الممثلين الحقيقيين ونقلها الي الكمبيوتر. فهذا النظام يتألف من قسمين رئيسيين احدهما مادي Hardware حيث يقوم



شكل (11) يوضح كيفية نقل الحركة من الممثل الي الشخصية الرقمية.

كل شخصيه علي حدة بشكل منفصل عن الخلفية. ثم يتم تجميعها باستخدام عملية تركيب العناصر والتي تجمع مركبات المشهد الواحد والتي تم أنشائها بشكل منفصل لتشكيل المشهد النهائي شكل (12).

**تركيب العناصر:**  
تكون عملية معالجة الرسومات بالكمبيوتر في كثير من الاحيان عباره عن طبقات مختلفه وقطاعات بحاجة ليتم اعادة تجميعها, فمثلا في مشهد محدد تتفاعل اكثر من شخصيه مع بعضها فيتم معالجة



شكل (12) يوضح عملية معالج كل شخصيه علي حدة من حيث التعبيرات والحركات علي خلفيه سوداء ثم تم جمعها مع بعض في المشهد المطلوب

البرامج لمحاكات الواقع بتطوير الأدوات التي تمنح المحرك الأداء الذي يستطيع بها بناء الاضاءة, واستخدام الخامات والاسطح والمعالجة وايضا لاعطاء صانعي الافلام امكانيات خلاقة جديدة وخاصة في جعل الاشياء المستحيلة تبدو واقعية شكل (13).

حيث تبدأ CGI بصورة أدخلت الي الكمبيوتر بعد عملية مسح لها او بعد القيام برسمها بأدوات البرنامج الخاصة, وان تحقيق ابتكار الاجسام المصنعه التي تبدو كالواقعية تستدعي لرسم بأدق التفاصيل , حيث يتم عمل مجهودات كبيرة مستمرة لتطوير Photorealism



شكل(12) يوضح استخدام تقنية CGI ليتحكم في تعبيرات القطه من فيلم The Smurfs

خاصة لأضفاء جو من الواقع عليها حتي لا يتسرب الي المشاهد اي احساس بالحيل او عدم مصداقية الحدث المقدم له. وهذا الماكيت يتم تحريكه بواسطة حركة ميكانيكية او حركة يدوية, مثل فيلم أليس في بلاد العجائب Alice in Wonderland يوجد مشهد عندما أليس تاكل قطعة من الحلوه فتكبر لتصبح عملاقه وتصل الي سقف الحجره, فهنا تم عمل ماكيت مصغر أصغر من حجم الممثل (شكل3) لتعطي للمشاهد شعور بانها عملاقه اثناء العرض (شكل4).

**الخدع والمؤثرات البصرية المستخدمة لدمج الرسوم المتحركة والتصوير الحي:**  
1- الماكيت:

عندما يتضمن الفيلم بعض المشاهد التي يصعب تنفيذها او تكون التكلفة أعلى من الميزانيه المتوقعه, يلجأ صناع الحيل الي صنع نماذج مصغره لتلك المشاهد و بالطبع بصورة متقنه حتي يقوموا بتصورها بالكيفية التي يراها المخرج لاعطاء التأثير المباشر لها, وبالطبع عند تصوير هذه الماكيتات تتطلب استعدادات ومواصفات



(شكل 4) لقطة عند العرض الفعلي للفيلم Alice in Wonderland 2010

أماكنها الصحيحة عند المفصلات شكل(5). ويتألف هذا النظام من وحدة معالجة ومولد حقول مغناطيسية ومجموعه من الحساسات التي تعلق علي جسم الممثل ويتم تحديد مواقع هذه الحساسات بشكل فوري ضمن حقل مغناطيسي قوي يتم توليده بوسطة وحدة توليد خاصة. حيث يتم نقل المعلومات الي وحدة المعالجة وتخزينها علي الكمبيوتر بشكل فوري أثناء تنفيذ الممثل لحركاته بالكاميرات المخصصة لالتقاط الحركة لتتيح الي مشرفي المؤثرات الخاصه العمل عليها وازافة الشخصيه المصمم رقمياً.



(شكل 3) لقطة من المشهد اثناء التصوير يوضح حجم الماكيت الصغير للممثل ليغطي الشعور بانها عملاقة

## 2- نظام الالتقاط البصري:

يتم تسجيل حركة الممثل أو الحدث الواقعي Live Action ويتم ترجمة الي معدلات رياضية من خلال التتبع لمجموعه من النقاط الأساسية Key Points , فهي تقوم بترجمة الأداء الواقعي الي أداء رقمي لدمجها مع المؤثرات للحصول علي تمثيل موحد ثلاثي الأبعاد. ويتكون هذا النظم من عناصر أساسية ومنها البدلة وهي مصنوعة من أي خامه قابله للتمدد ولونها غير لامع يكون أسود مطفي أو لون الكروما حتي لا تعكس الأضاءة الساقطة عليها وضابقه نوعاً ما حتي تكون العلامات التي يتم تثبيتها عليها في



(شكل 5) يوضح شكل البدله أثناء عملية التصوير وبعد عملية المونتاج وتركيب الشخصيات المخالقه بالكمبيوتر وتجمعها مع التصوير الحي

تركيب الخفيه الكرتونيه, وليتم دمج الشخصيات الكرتونيه مع الحركة المطلوبه والتي ستنفذها الشخصيات الكرتونيه يقوم ممثلون بلبس ملابس لون الكروما والقيام بالحركات المطلوبه من الشخصيه الكرتونيه حتي يتم تطابق الحركة المطلوبه من الشخصيات الكرتونيه عند تقريب الكرومه شكل (6)

## 3- الكروما Chroma:

هي تعطي أمكانيه الجمع بين منظرين أو أكثر وتجمع بين الشخصيات الحيه والشخصيه الكرتونيه في مشهد واحد. ولقد لعبت الكروما دورا كبيرا في فيلم Space Jam حيث تدور الأحداث في عالم الرسوم المتحركة بحيث يتفاعل البطل الحقيقيه مع الشخصيات الكرتونيه, فيتم تصوير البطل علي الكروما ثم يتم فصله ويتم



(شكل 6) لقطة من فيلم Space Jam توضح تصوير الممثل علي الكروم والممثلين يرتدون ملابس لون الكروم لتحديد مكان الشخصيات الكرتونيه ليتمكنوا من عمل مرحلة التقريب ليتم دمج الشخصيات الكرتونيه الي المشهد الحي

او كائنات حيه تكون غالبا في حالة حركة اثناء التصوير او مناظر طبيعية, ويكون المخرج معنيا بتصوير لقطات تصلح للتركيب اثناء المونتاج. اما في الرسوم المتحركة فتكون موضوعات التصوير فيها أعمالاً فنية مثل الدمى او ما شابه ذلك, وتكون ثابتة اثناء عملية التصوير.

ثانياً: مبادئ التصوير: في افلام الحركة الحيه يتم التصوير السينمائي بتشغيل الكاميرا لفترات طويله لتسجيل لقطات ربما

## الفرق بين أفلام الرسوم المتحركة Animation و أفلام الحركة الحيه Live action:

تمثل أفلام الحركة الحيه Live Action film و أفلام الرسوم المتحركة Animation film اتجاهين مختلفين تماماً في الفن السينمائي, ومن الاختلافات الرئيسية التي يجب دراستها لفهم الاستخدام السليم لكل من الطريقتين:

ولاً: الموضوع المصور: حيث تصور افلام الحركة الحيه ممثلين

**المراجع References:****أولاً : مراجع باللغة العربية:**

- بيلا بالاش ترجمة احمد الحضري واخرين " نظرية السينما" دار الشعب , القاهرة, 1991
- جون كلين "الخدع السينمائية و المؤثرات الخاصة" ترجمة محمد علاء الاعصر, النهضة العربية, القاهرة 1986
- احمد حسين محمد- استخدام تكنولوجيا الفيديو الحديثه ودورها في جودة انتاج الصورة السينمائية الرقمية الروائية- رسالة دكتوراة- كلية فنون تطبيقه- جامعة حلوان -2016
- دعاء فتحي- تاثير التكنولوجيا الرقمية ثلاثية الابعاد علي التصميم و الادراك في سينوغرافيا الافلام الروائية- رسالة دكتوراه غير منشوره - المعهد العالي للسينما- اكااديمية الفنون-2014.
- عمرو محمد انور- المحاكاة والواقع الافتراضي كأسلوب لتحسين الاداء في الرسوم المتحركة ثلاثية الابعاد- رسالة دكتوراة غير منشوره- كلية فنون تطبيقية- جامعه حلوان- 2016
- سماح جابر محمد- تقنيات الرسوم المتحركة ثلاثية الابعاد وتوظيفها في الالعاب الالكترونيه في مصر- رسالة دكتوراه غير منشورة- المعهد العالي للسينما- اكااديمية الفنون.
- وائل عبد المنعم علي- امكانيات الابداع الفني عند المصور باستخدام التكنولوجيا الحديثة-رسائل دكتوراه غير منشورة- المعهد العالي للسينما- اكااديمية الفنون -2000

**ثانياً : المراجع باللغة الأجنبية:**

- Scottsquires- The VES Handbook of visual Effects- focal press-USA-2010
- MichaelFink – Jacquely Ford- The VES Handbook of visual effects-Focal press-USA-2010
- Gerge Maestri- Digital Character Animation 2volume 2- Advanced Techniques – New Riders press-USA -2002
- Alberto Menache – Understanding Motion Capture for Computer Animation – Second Edition- Elsevier – USA-2011
- **ثالثاً: المواقع الالكترونية:**
- <https://www.warnerbros.com/archive/spacejam/movie/cmp/studiostoreframes.html>

تحتوي الألاف من الكادرات. لكن في افلام الرسوم يتم تصوير كل كادر بمفرده, اي ان الفيلم يتم تصوير كل كادر فيه منفردا لذا فانه لا يتحول الي فيلم متحرك الا في لحظة تجميعه وعرضه, ولان هذه الطريقة في التصوير هي جوهر تقنية افلام التحريك, لذلك لا بد ان يتم التخطيط بمنتهى الدقه لكل حركة قبل ان تدور الكاميرا.

**ثالثاً: القيم التفسيرية:** تترك المرونة الهائلة التي تميز صناعه افلام التحريك مساحة واسعة امام المتفرج لتلقي ما يراه علي الشاشة بطريق عديدة, كما يمكن من خلال المونتاج خلق معاني ودلالات جديدة لم تكن تتضمنها اللقطات المصورة. وكذلك تتيح مرونة التقنيات الاخرى المستخدمه في هذا النوع من الافلام فرصه جيدة اما الخيال المنطلق و الارتجال في التلقي و التفسير و علي العكس تماماً تقدم افلام الحركة الحية قيماً تفسيرية محدودة لكل عنصر من عناصر اللقطة.

**رابعاً: انتقاء المحتوى البصري:** يعتبر المحتوى البصري احد نقاط الاختلاف الهامه بين افلام الرسوم المتحركة وافلام الحركة الحية, فبينما يضطر مخرج النوع الثاني الي الالتزام من الناحية البصرية بحدود الواقع الذي نعيشه الي حد كبير, وفي هذا النطاق فقط يستطيع انتقاء او خلق ما يشاء من تكوينات بصرية, وتبقي قدراته الابداعية حبيسة هذا النطاق. في حين نجد ان فيلم التحريك يفتح ابواب الخيال امام صناعه ولا يلتزم بأى معايير واقعية فتصبح الخيارات و الحلول البصرية امامه لا نهائية.

**خامساً: حرية الخيال:** اذا كان التصوير الحي يتمتع بالكثير من المرونة خاصة بعد التطوير التقني الذي شهده التصوير السينمائي مؤخرًا, فكاميرا افلام الحركة الحية عملها يشبه عمل العين البشرية, اي انها تلتقط ما هو موجود في الواقع بالفعل, لكن افلام التحريك تعد امتداداً للخيال البشري ويمكن من خلالها محاكاة أي فكرة تطرأ علي خيال صانع الفيلم فهو يمتلك الحرية الكاملة والمرونة اللازمة لتنفيذ اي فكرة بصرف النظر عن موضوعيتها او علاقتها بالواقع, فافلام الرسوم هي ذتها نوافذ مفتوحة علي عالم الخيال اللانهائي.

**عند الجمع بين الرسوم المتحركة و الافلام الحية:**

يجب علي مصمم الأشخاص والمناظر مراعاة الحركة في الفيلم , بان يقوم بتصوير أين ستدور الاحداث الرئيسي داخل كل منظر فانها تساعد علي تقدير النقاط الرئيسية في تنسيق المنظر , بحيث ان تكون كل حركة في الفيلم مخططة لها ومرسومه بدقة وعناية مما يخلق تكويناً فعالاً.الرياح أو الرمال أو الحرارة أو الرطوبة... الخ مما يحقق الأثر الوظيفي والجمالي في وقت واحد مع مراعاة أن يتم التصميم طبقاً لقواعد الأنتاج الكمي والتوحيد القياسي وباستخدام الخامات المحلية حيث يمكن رفع كفاءتها وتقليل تكاليفها مما يساعد على انتشارها.