دار المنظومة
DAR ALMANDUMAH
الرواد في قواعد المعلومات العربية

العنوان:	دراسة الأساليب الفنية الحديثة لدمج الرسوم المتحركة ثنائية الأبعاد وثلاثية الأبعاد وفقاً لمتطلبات أفلام الرسوم المتحركة
المصدر:	مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية
الناشر:	الجمعية العربية للحضارة والفنون الإسلامية
المؤلف الرئيسي:	الجندى، أيمن رأفت إسماعيل
المجلد/العدد:	ع16
محكمة:	نعم
التاريخ الميلادي:	2019
الشهر:	يوليو
الصفحات:	207 - 220
رقم MD:	961969
نوع المحتوى:	بحوث ومقالات
اللغة:	Arabic
قواعد المعلومات:	HumanIndex
مواضيع:	الرسوم المتحركة، إنتاج الرسوم المتحركة، التحريك الرقمى ثنائية الأبعاد، التحريك الرقمى ثلاثية الأبعاد، أفلام الرسوم المتحركة
رابط:	http://search.mandumah.com/Record/961969

© 2021 دار المنظومة. جميع الحقوق محفوظة.
هذه المادة متاحة بناء على الإتفاق الموقع مع أصحاب حقوق النشر، علما أن جميع حقوق النشر محفوظة. يمكنك تحميل أو طباعة هذه المادة للاستخدام الشخصي فقط، ويمنع النسخ أو التحويل أو النشر عبر أي وسيلة (مثل مواقع الانترنت أو البريد الالكتروني) دون تصريح خطي من أصحاب حقوق النشر أو دار المنظومة.

دراسة الأساليب الفنية الحديثة لدمج الرسوم المتحركة ثنائية الأبعاد وثلاثية الأبعاد وفقاً لمتطلبات أفلام الرسوم المتحركة

Studying new techniques of composing 2D animation with 3D animation required for Animation Film production

م.د/ أيمن رأفت إسماعيل الجندي

مدرس دكتور بقسم الميديا والتحريك بكلية الفنون التطبيقية – الجامعة الألمانية بالقاهرة

Dr. Ayman Raafat Ismail Elgndy

Lecturer at Media Department - Faculty of Science and Arts - German University in Cairo

ayman.elgndy@guc.edu.eg

المقدمة

الرسم المتحرك هو تسلسل من الصور، أو الإطارات، التي تُعرض عبر الوقت. ويختلف كل إطار بعض الشيء عن الإطار الذي يسبقه، مما يُنشئ خداع الحركة أو أي تغييرات أخرى عند عرض الإطارات بتسلسل سريع ، وإن الحركة المقصودة هي معني واسع وعام يمتد ليشمل أي تغيير يطرأ علي الصورة, وقد بدأ ظهور ذلك المصطلح بعد ظهور أفلام الكارتون التي أنتجتها شركة والت ديزني , مثل سلسلة الأفلام الشهيرة توم أند جيري , وغيرها فهي قائمة أساسا علي الرسوم المتحركة ونظرية الحركة وتنوعت أشكال الحركة منها التحريك ثنائي الأبعاد و التحريك ثلاثي الأبعاد ومن أكثر الأشياء التي تسبب مشاكل في التحريك هي الدمج بينهم و صناعة شكل الحركة لتكون أقرب للواقع بناء علي متطلبات أفلام الرسوم المتحركة التي كانت صعب تنفيذها بالماضي مما جعلها موضع تطوير و إضافة في برامج التصميم والتحريك والمعالجة للصورة الثابتة والمتحركة . .

فان عملية دمج وربط كل من تحريك الرسومات ثنائية الأبعاد والمجسمات ثلاثية الأبعاد وتحريكها داخل فراغ ثلاثي الأبعاد مع إضافة كاميرا متحركة تربط المشهد وتتعامل مع كافة الرسوم والمجسمات المتحركة داخل المشهد في نفس الفراغ مع إمكانية محاكاة خصائص كاميرا برامج التحريك الرقمي للكاميرا الحقيقية سواء كانت تغيير أنواع العدسات او فتحة وسرعة الكاميرا مع إضافة تأثيرات عمق الميدان ومتغيرات السرعة وأيضا إمكانية التحكم في حركات الكاميرا داخل المشهد طبقا للسيناريو والرؤية الإخراجية وتتنافس الإصدارات الحديثة من برامج التحريك والتركيب والدمج بإمكانيات متطورة لتسهيل عملية الدمج والربط لتحريك الرسومات ثنائية الأبعاد والمجسمات ثلاثية الأبعاد وتحريكها كل داخل الفراغ ثلاثي الأبعاد بشكل أفضل ومن أشهر تلك البرامج (أدوبي أفتر أفكتس) التابع لشركة أدوبي الأمريكية مستخدما أدوات مساعدة تتيح له تلك الإمكانية ، وبرنامج تون بوم هارموني الإصدار برميم والذي يتميز بقدرة فائقة علي تنفيذ تلك العملية وبجودة عالية

وفيما يلي سنتعرف علي مراحل الانتاج للفيلم المتحرك مع كيفية دمج وربط كل من الرسومات ثنائية الأبعاد والمجسمات ثلاثية الأبعاد وتحريكها داخل الفراغ ثلاثي الأبعاد وأيضا سنتعرف علي كيفية إضافة وتحريك الكاميرا بالمشهد في نفس فراغ مع إمكانية محاكاة خصائص الكاميرا للكاميرا الحقيقية.

كلمات مفتاحية: الرسوم المتحركة ؛ ثنائية الأبعاد ؛ ثلاثية الأبعاد ؛ دمج.

Abstract:

Animation is a sequence of frames played per seconds and started to be a successful production when Walt Disney started animating his famous series like Tom and Gerry, But the problems started when the animated films started using digital animation and advanced techniques and the 3D animation using 3D objects and Camera movements have got a big market of animation production and then animated film starts asking about composing 2D animation with 3D animation , all these needs forced animation software to start to develop its options so that it can serve animation films and animators requirements starting by Adobe After effects which offers great results in motion graphics , animation and composting , but also Toon boom have released harmony premium The most powerful software ever created for animation production so that we can Access to a complete toolset for traditional frame-by-frame animation. Or Build simple to advanced cut out rigs with specialized tools. Master controllers save time when animating sophisticated rigs.

Also we can Import 3D Objects as Once we have exported a model using a 3D authoring software, we can import it into a 2.5 Scene and integrate it to set up your 2D animation scene.

we have the possibility to convert our 3D models to the *.fbx format compatible to be imported to Harmony. This will allow us to render 3D files with the associated textures without the need to copy over the textures manually .

Using multiplane space is a 2.5 Animation where we can move layers forward and backward on the Z-axis. Latest Animation softwares like toonboom harmony brings us a true three-dimensional space where we can actually rotate your camera and layers on all axes. This lets us perform a 360 degree rotation around elements, create a floor and even build sets!

Once we have a 3D set, the exciting part is to do a camera move in it. Once we know how to do this, we can enjoy the delights of working in 3D space and traveling inside with 2D or 3D animations together.

We can change the near and far clipping planes of the camera. The near plane is the point on the camera cone where the camera is located. The far clipping plane is the far end of the camera cone. Nothing outside that range is visible. This is useful when dealing with 3D elements and 3D sets.

And finally these latest solutions help us to animate 3D models and their individual parts directly while integrating 3D elements with 2D characters.

Keywords: animation; 2d; 3d; compositing.

مشكلة البحث:

من الأشياء التي تسبب مشاكل في التحريك هي الدمج و صناعة شكل الحركة لتكون أقرب للواقع بناء علي متطلبات أفلام الرسوم المتحركة التي كان من الصعب دمج رسوم متحركة ثنائية الأبعاد مع رسوم متحركة ثلاثية الأبعاد مما جعلها موضع تطوير حيث تفتقد العديد من أفلام الرسوم المتحركة ثنائية الأبعاد حركات الكاميرا حيث تعتمد إضافة الكاميرا علي المشاهد ثلاثية الأبعاد مما يستدعي استخدام العديد من البرامج ثنائية وثلاثية الأبعاد واستخدام برامج دمج المشاهد مثل آدوبي أفتر إفكتس Adobe After effects وإضافة الكاميرات لتحديد حركات الكاميرا و أحجام اللقطات والتي قد ينتج عنها فقد في الجودة وترحيل في التزامن بين اللقطات وأحيانا عدم توافق النسب والإضاءة وزوايا التصوير نتيجة التركيب و عمليات الدمج الخاطئة.

هدف وأهمية البحث:

دراسة الأساليب الفنية الحديثة لدمج الرسوم المتحركة ثنائية الأبعاد وثلاثية الأبعاد مع إضافة وتوافق حركات الكاميرا بين العناصر ودون أي فقد في الجودة .

تساؤلات البحث:

- ما هي البرامج الحديثة المستخدمة في لدمج الرسوم المتحركة ثنائية الأبعاد وثلاثية الأبعاد؟
- ما هي تقنيات دمج الرسوم المتحركة ثنائية الأبعاد وثلاثية الأبعاد ؟

منهج البحث:

يسلك الباحث المنهج الوصفي التحليلي للأساليب الفنية الحديثة لدمج الرسوم المتحركة ثنائية الأبعاد وثلاثية الأبعاد مع إضافة وتوافق حركات الكاميرا.

فروض البحث:

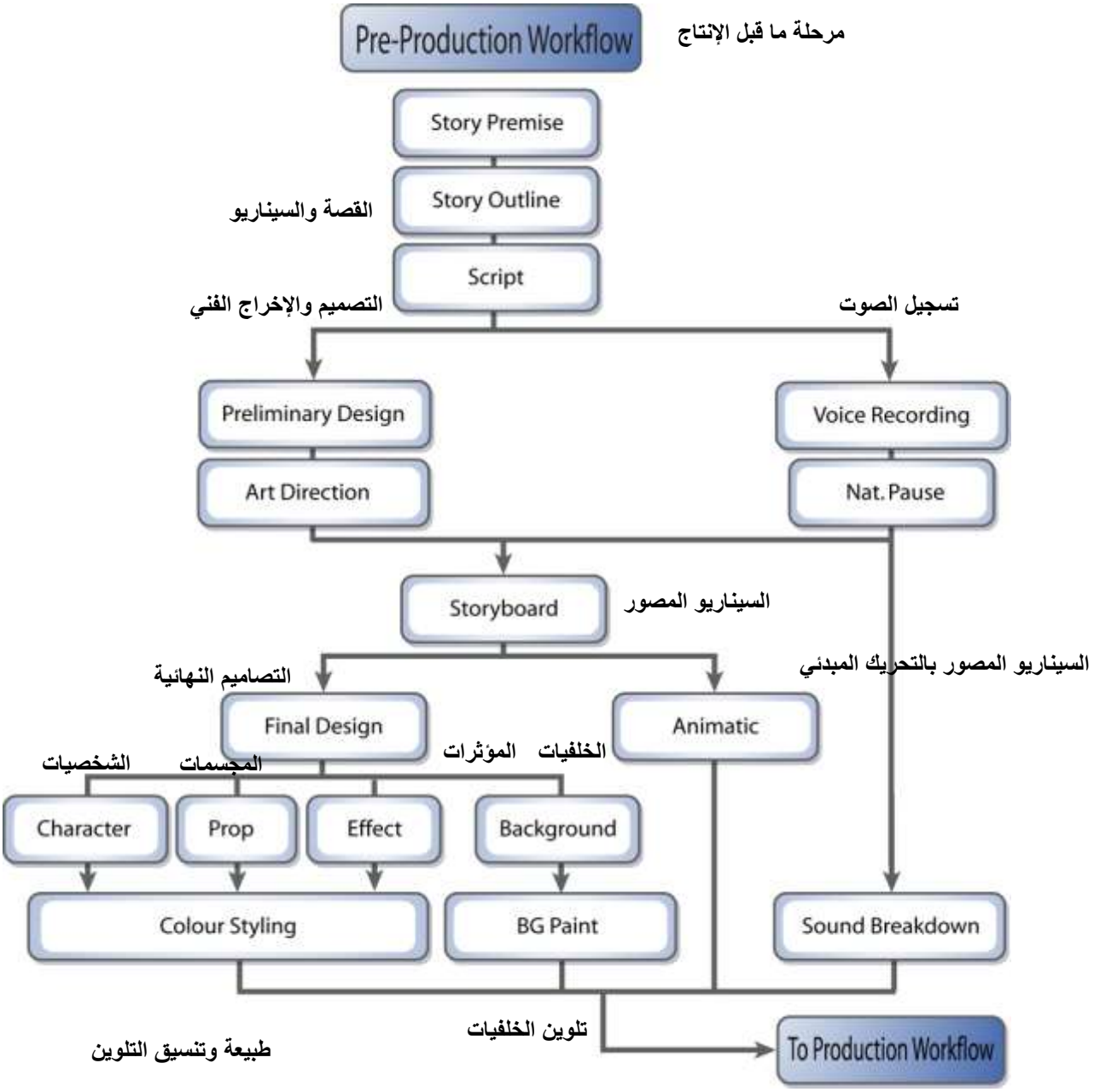
إذا تم اتباع الأساليب الفنية الحديثة لدمج الرسوم المتحركة ثنائية الأبعاد وثلاثية الأبعاد سوف يؤدي ذلك الي فيلم رسوم متحركة مع توافق حركات الكاميرا بين العناصر ودون أي فقد في الجودة .

إذا تم الاتجاه نحو استخدام التقنيات والبرامج الحديثة تون بوم هارموني برميم Toon Boom Harmony Premium الإصدار الأخير فسوف يساهم ذلك في سرعة الإنتاج داخل برنامج واحد دون استخدام برامج للدمج .

١-١ الانتاج الرقمي للرسوم المتحركة :

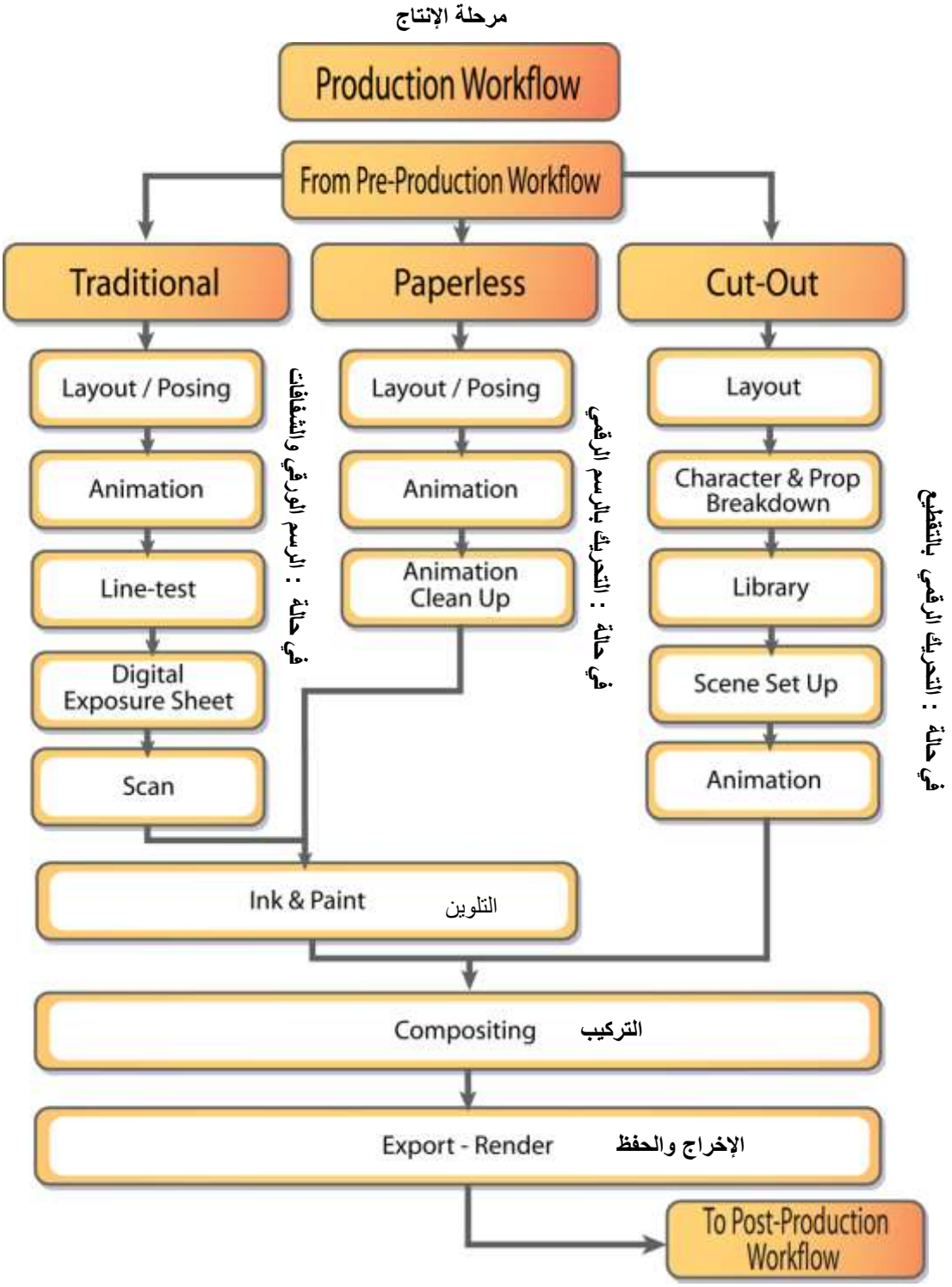
تطورت عملية انتاج الرسوم المتحركة مع تطور التكنولوجيا الرقمية وظهور برامج وأدوات حديثة ومتطورة في عمليات الرسم والتحريك والمحاكاة مما ساعد القائمين علي عملية الإنتاج علي تحديث الأفكار طبقا للإمكانيات المتاحة والذي تطلب إعادة هيكلة المنظومة الإنتاجية كما هو مبين بالمخطط التالي:

١-١ المرحلة الآولي : مرحلة ما قبل الإنتاج



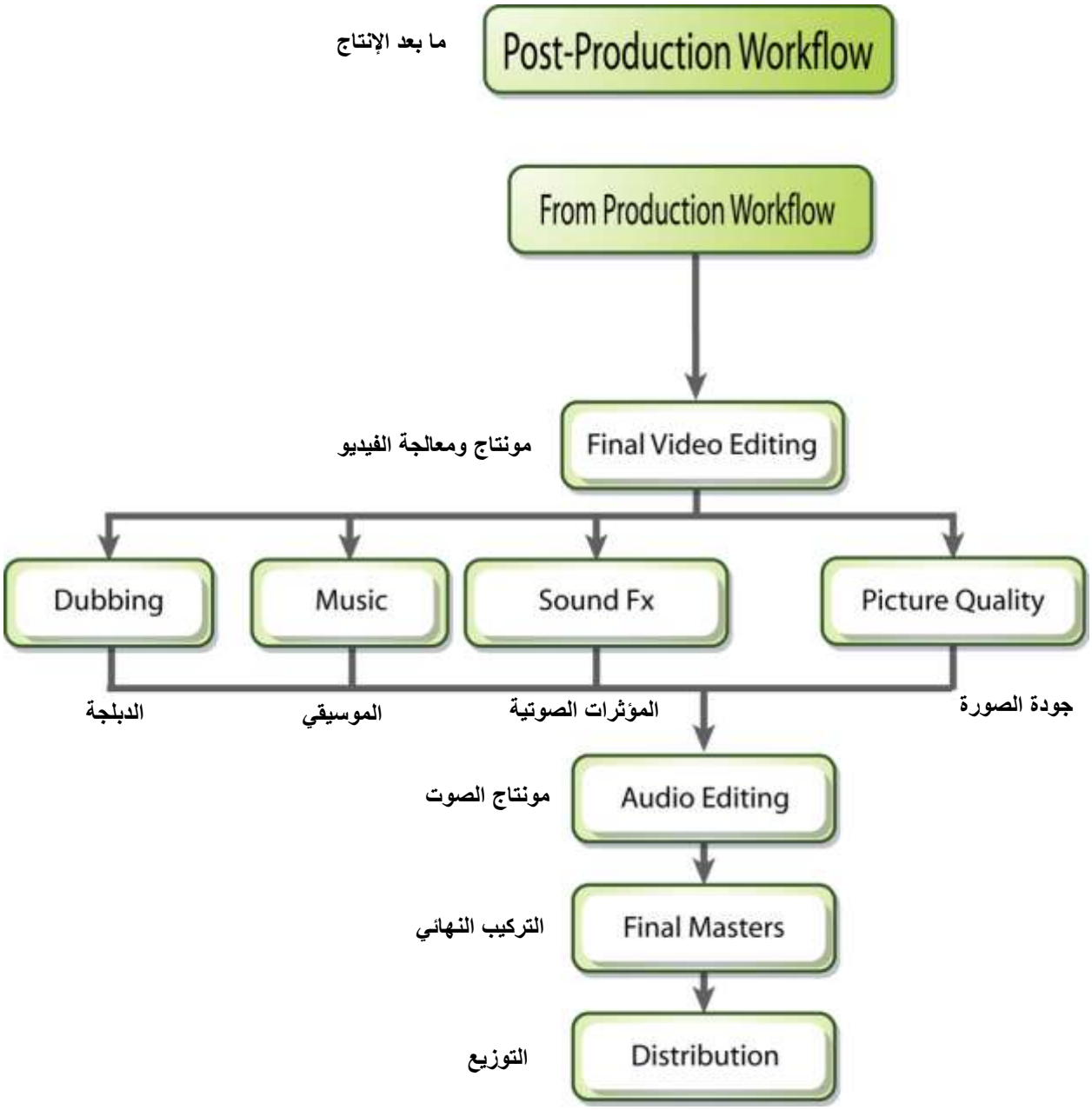
المخطط (١) يوضح مراحل ما قبل الإنتاج

١-٢ المرحلة الثانية : مرحلة الإنتاج



المخطط (٢) يوضح مراحل الإنتاج

١-٣ المرحلة الثالثة ما بعد الإنتاج



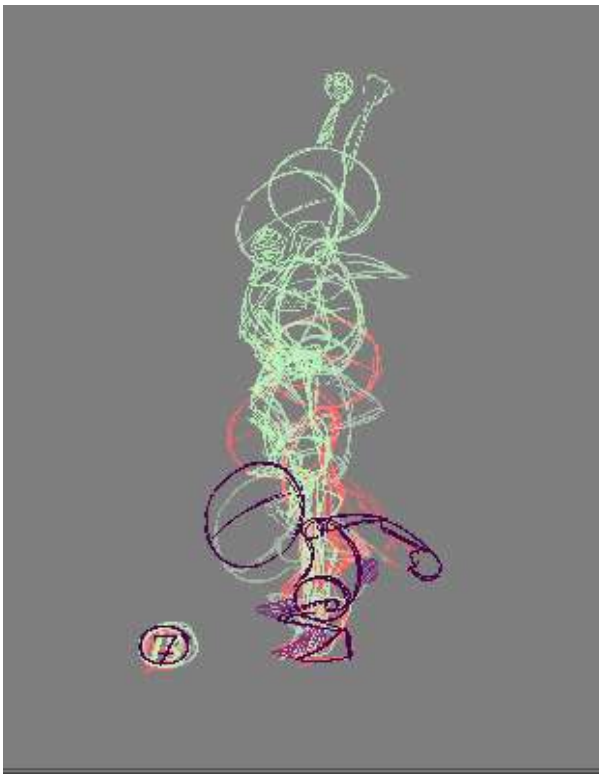
المخطط (٣) يوضح مراحل ما بعد الإنتاج

٢- التحريك الرقمي:

تطورت عملية انتاج الرسوم المتحركة مع تطور التكنولوجيا الرقمية وظهور برامج وأدوات حديثة ومتطورة في عمليات الرسم والتحريك والمحاكاة مما ساعد القائمين علي عملية الإنتاج علي تحديث الأفكار.

٢-١ التحريك الرقمي ثنائي الأبعاد :

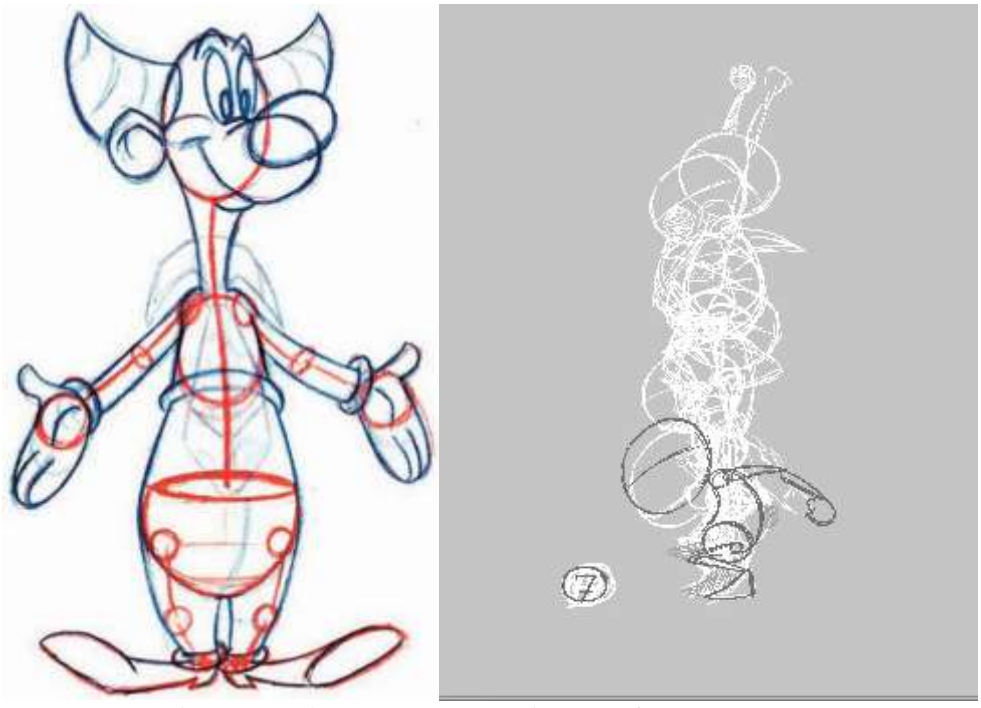
وهي عملية التحريك معتمدا علي الرسم وتتابع الحركة بالرسومات المتتالية في المدة المحددة لتنفيذها وتعتمد تلك الطريقة علي مهارة الرسم والتوقيت للحركة وتستغرق وقت ومجهود كبير لإنهاء الرسم ونقله علي الكمبيوتر وإعادة تجميع الرسومات وتلوينها وتنظيف أي عيوب نتيجة الرسم اليدوي او عمليات المسح الضوئي للحصول علي صورة متحركة جيدة كما هو موضح بالشكل (١)



شكل (١) يوضح تتابع الرسومات لتكوين الحركة

٢-١-١ التحريك ثنائي الأبعاد بالرسومات الرقمية :

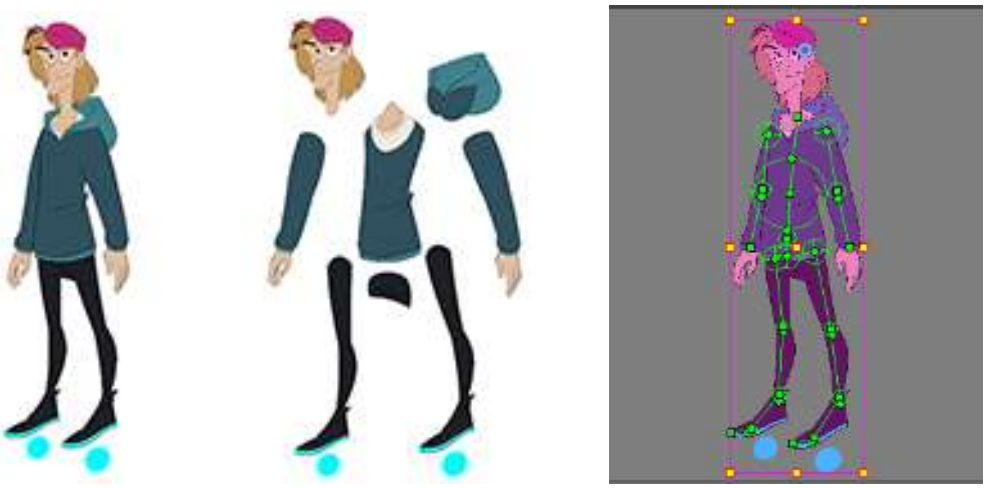
وهي عملية الرسم والتحريك داخل برنامج بالكمبيوتر معتمدا أيضا علي الرسم وتتابع الحركة بالرسومات المتتالية لكن بواسطة الحاسب مستخدما تكنولوجيا تعديل الرسم والمعالجة والمعاينة السريعة مما يساعد سرعة عملية الإنتاج لكن تلك الطريقة مازالت تعتمد علي مهارة الرسم وتخيل الحركة والتوقيت الجيد للحركة وتستغرق وقت اقل ونتائج أدق بكثر من الرسم الورقي من الطريقة السابقة وتنتج رسومات رقمية عالية الجودة كما هو موضح بالشكل (٢)



شكل (٢) يوضح أماكن الحركة وتتابع الرسومات الرقمية لتكوين الحركة

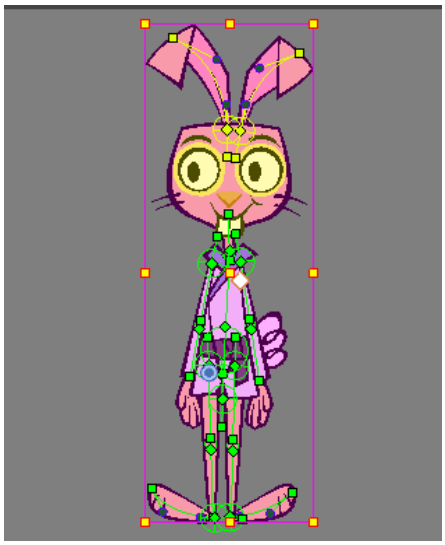
٢-١-٢ التحريك ثنائي الأبعاد بتقطيع الرسومات الرقمية:

وهي عملية الرسم ثم تقطيع الشخصية (الرسم الرقمي) الي طبقات معتمدا علي تقطيع الأجزاء المراد تحريكها كل في طبقة مستقلة لإمكانية تحريكها علي حدا داخل برنامج بالكمبيوتر وتسمي بالتقطيع للتحريك cutout animation ومستخدما تكنولوجيا التحريك الرقمي بإستنتاج الكادرات البينية اوتوماتيكيا motion tween وتعتبر هي الأسرع علي الإطلاق في عملية إنتاج الرسوم المتحركة وتتطلب تلك الطريقة تخيل الحركة والتوقيت الجيد لها وتستغرق وقت اقل من الطريقة السابقة وتنتج رسومات رقمية عالية الجودة vector كما هو موضح بالشكل (٣)



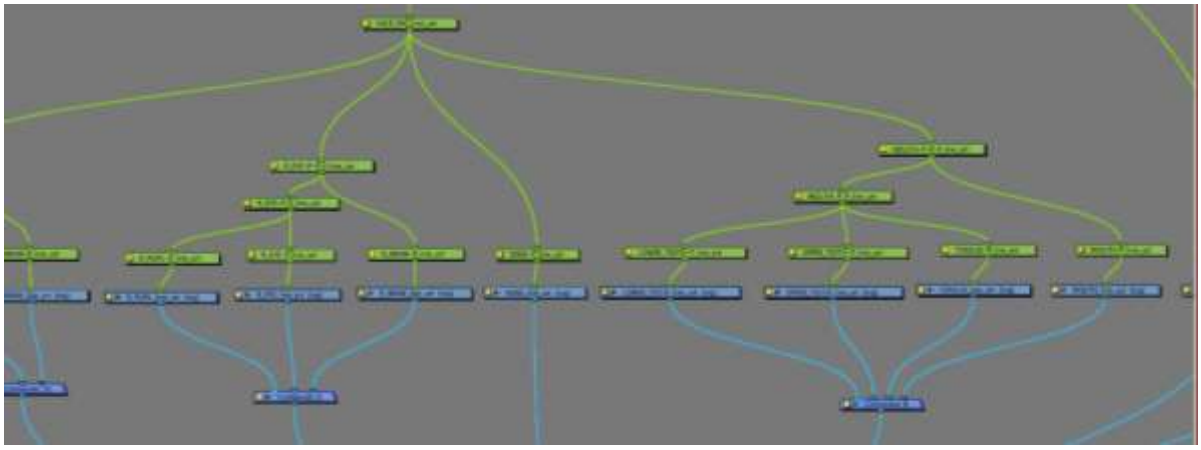
شكل (٣) يوضح نظام التقطيع للرسم للتحريك

وبإستخدام خاصية العظام bones في تحريك طبقات المفصلات بالشخصيات نحصل علي نتائج جيدة خاصة لتفهم نظام العظام bones بخواص الحركات الكاينيماتكس العكسية بجسم الانسان inverse kinematics والتي تعطي حركة الاستجابة الاوتوماتيكية لأجزاء الجسم مع إمكانية التحكم بدرجات ومدي الإستجابة لكل عظمة داخل جسم الشخصية و أيضا النظام تشكيل الجسم deformer والذي يتكون من خصائص متطورة من نظام العظم bones و خاصية المنحنيات curves والتي تعتبر هي الأحدث في تحريك وتشكيل الأجسام دون الحاجة الي تقطيع الجسم ككل، بل أن الأجزاء المرتبطة يمكن رسم العظم عليها لتتعامل معها كأنها مقطعة مما يوفر وقت ومجهود تقطيع الطبقات كما هو مبين بالشكل (٤)



شكل (٤) يوضح نظام التقطيع والربط لعناصر الرسم للتحريك

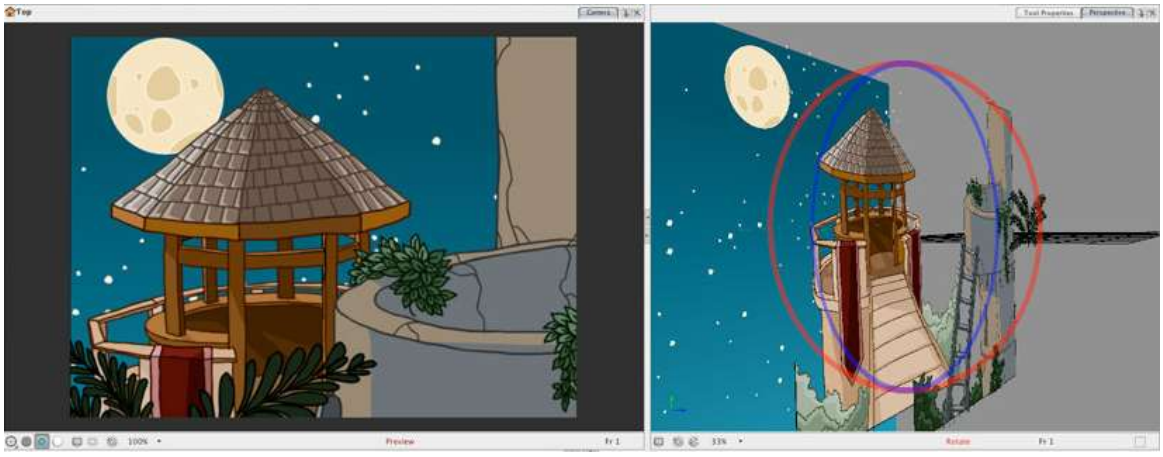
وتعتبر عملية ربط أجزاء طبقات الجسم طبقا لتأثير كل طبقة في الأعلى parent علي الطبقات اسفلها child باستخدام شبكة ربط الطبقات ببرامج التحريك network (node system) هي أساس تحديد نوع و شكل الحركة حيث تظهر واقعية الحركة في التأثرات الفرعية الناتجة عن الحركة الرئيسية كما هو مبين بالشكل (٥)



شكل (٥) يوضح نظام شبكة ربط طبقات عناصر الرسم للتحريك

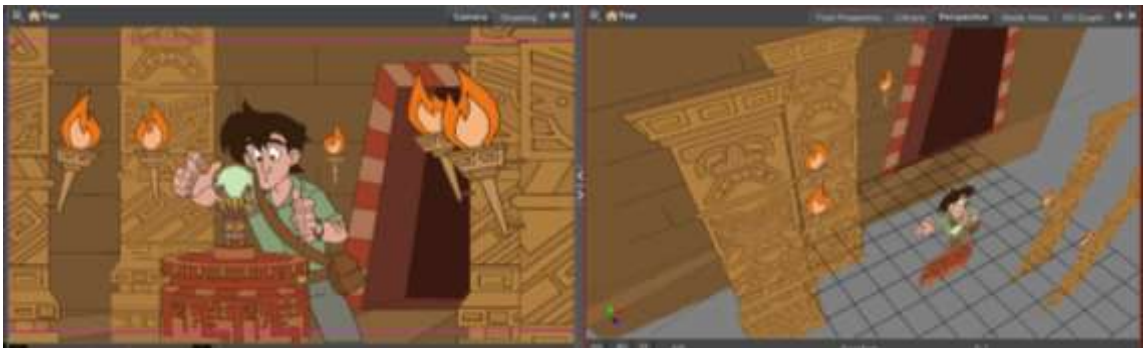
٢-٢ التحريك الرقمي ثنائي الأبعاد بفراغ ثلاثي الأبعاد :

وهي عملية تحويل وإضافة محاور ثلاثية الأبعاد للطبقات ثنائية الأبعاد لإمكانية تحريكها في الفراغ ثلاثي الأبعاد لتكوين مشهد يحتوي علي عمق و ابعاد ثلاثية الأبعاد لكن بإستخدام رسومات و طبقات ثنائية الأبعاد يمكن من خلالها استغلال العمق والحركة ثلاثية الابعاد كما هو موضح في الشكل (٦)



شكل (٦) يوضح الطبقات ثنائية الأبعاد داخل فراغ ثلاثي الأبعاد

وتعتبر خاصية تحريك الطبقات والرسوم ثنائية الأبعاد بمحاور ثلاثية الأبعاد X Y Z داخل الفراغ هي من النوع 2.5 D والتي يمكن من خلالها تصميم وتوزيع اضاءة علي الطبقات والحصول علي تأثير الظلال مما يساعد علي تجسيم الرسومات بالمشهد كما يمكن إضافة وتصميم وتحريك الكاميرات داخل المشهد وبين الرسومات والطبقات في الفراغ والحصول علي لقطات وحركات كاميرا واحجام لقطات سينمائية واخراجية كما هو مبين في الشكل (٧)

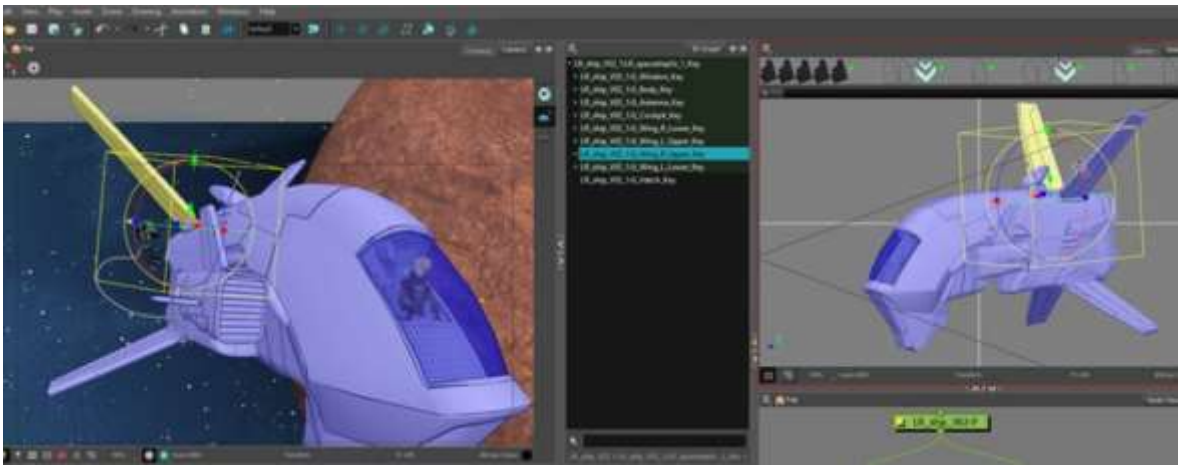


شكل (٧) يوضح الطبقات ثنائية الأبعاد داخل فراغ ثلاثي الأبعاد مع حركة الكاميرا

٢-٣ التحريك الرقمي ثلاثي الأبعاد :

وتتميز الإصدارات الحديثة من برامج التحريك ثنائية الأبعاد مثل أدوبي أفتر أفكتس و تون بوم هارموني برميم بإمكانية إضافة مجسمات ثلاثية الأبعاد وعمل تعديل وتحريك لها ولأجزائها داخل المشهد لكن ذلك يتطلب في الأدوبي أفتر أفكتس اما استخدام برنامج سينما فور دي cinema 4D معتمدا علي خاصية سينما فور دي ليت cinema 4D lite داخل مؤثرات الأفتر افكتس أو إضافة برامج مساعدة للبرنامج مثل سين وير من ماكسون cineware أو بإستخدام إضافة إلمنت Element 3D داخل برنامج الأفتر أفكتس .

وعن توم هارموني Toon Boom Harmony فالإصدار بريميم هو المدعم الوحيد لتلك الخاصية و الذي يتميز بنفس الإمكانيات و يدعم ادراج الملفات والمجسمات ثلاثية الأبعاد داخل المشهد بسهولة مع إمكانية تحريكها ولكي يتم إخراج وتصدير المشهد بجودة عالية للمجسمات ثلاثية الأبعاد يتم إضافة تأثيرMaya Batch Render من مكتبة البرنامج للإعتماد علي برنامج أوتوديسك مايا Autodesk Maya 3D في عملية الإخراج مستخدما أي من مشغلات الإخراج الشهيرة مثل Maya software و Render Man أو mental ray وأخيرا Arnold الأحدث لدي أوتوديسك في إخراج المشهد بجودة عالية كما هو مبين بالشكل (٨)



شكل (٨) يوضح المجسم ثلاثي الأبعاد داخل فراغ ثلاثي الأبعاد

٣- دمج الرسوم ثنائية الأبعاد مع المجسمات ثلاثية الأبعاد :

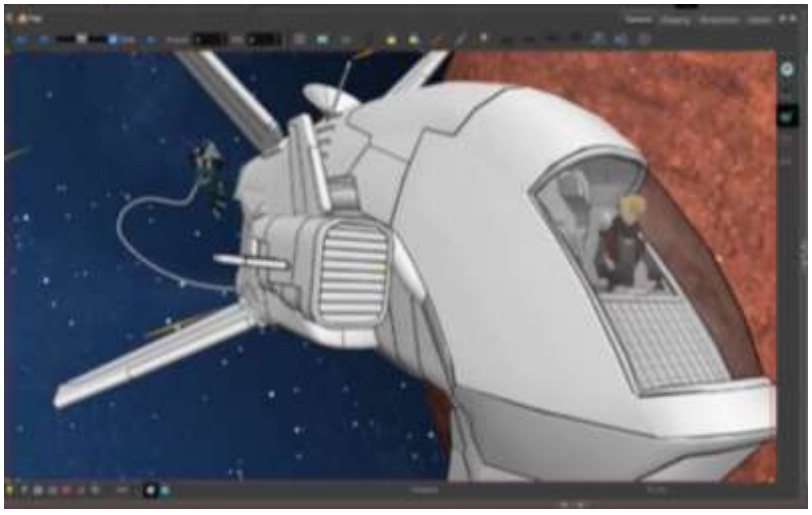
ولكي نتمكن من دمج الرسوم ثنائية الأبعاد مع المجسمات ثلاثية الأبعاد فذلك يتطلب رسم وتجهيز المشهد ثنائي الأبعاد ببرنامج الرسم مثل أدوبي اليستريتور أو تون بوم هارموني مع تحضير و بناء العناصر ثلاثية الأبعاد ببرنامج النمزجة مثل أوتوديسك مايا أو ثري دي ماكس .

٣-١: طرق الدمج

ولكي نتمكن من الدمج فإن برنامج تون بوم هارموني برميوم Toon Boom harmony Premium يعد الأفضل حيث نستطيع رسم وتقطيع و تحريك المجسمات ثنائية الأبعاد ثم تحويها وإضافة محاور ثلاثية الأبعاد لها بفراغ ثلاثي الأبعاد داخل المشهد كما بالشكل (٩)

الشكل (٩) من داخل واجهة برنامج تون بوم هارموني الإصدار برميم

ويمكن بعد ذلك ادراج ودمج المجسمات ثلاثية الأبعاد بصيغة FBX داخل نفس الفراغ بالبرنامج وحينها يكون تم الدمج الرسوم ثلاثية الأبعاد مع المجسمات ثلاثية الأبعاد بنفس المشهد و عمل التحريك والتعديل لأي منهم مع إمكانية إضافة كاميرات و اضاءة وعمل التحريك لهم كما هو مبين بالشكل (١٠)



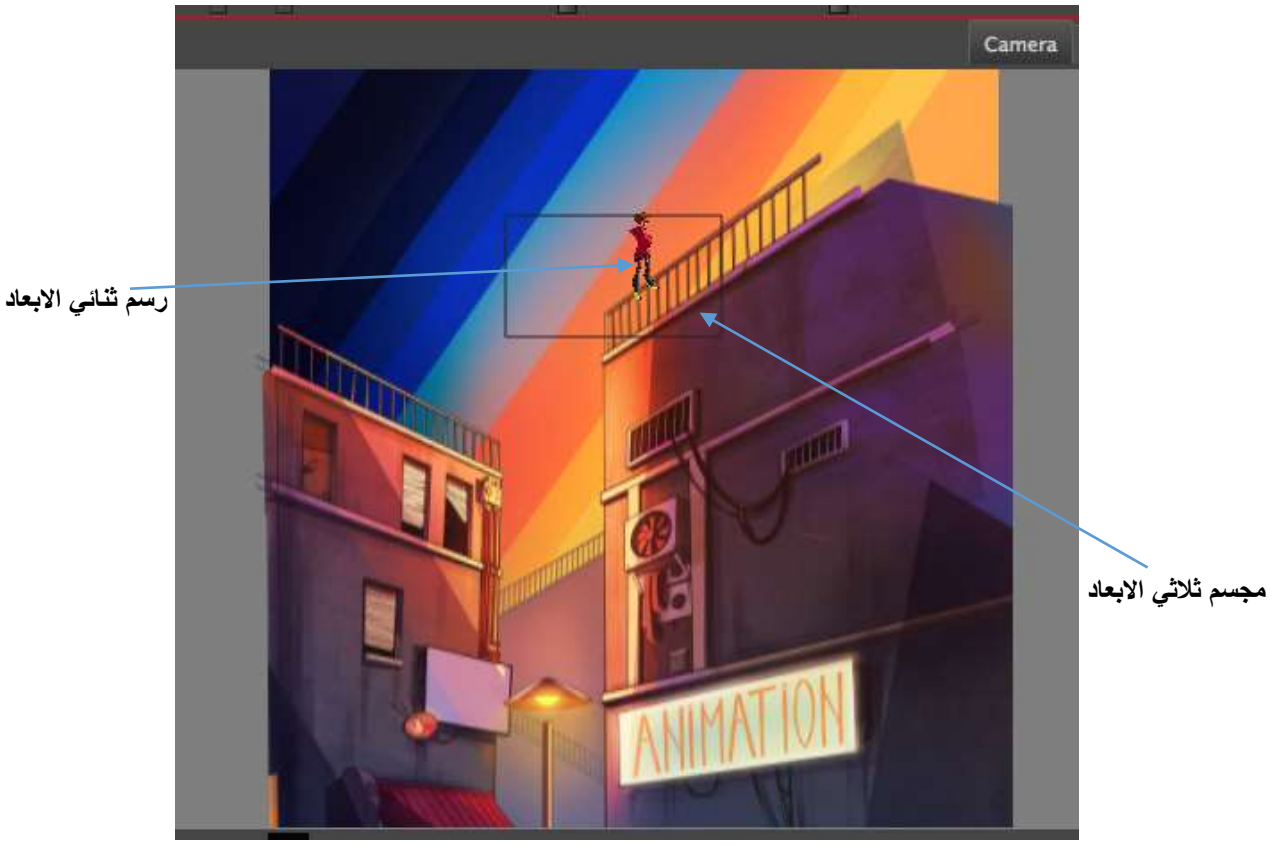
شكل (١٠) يوضح دمج شخصية متحركة ثنائية الأبعاد داخل مجسم ثلاثي الأبعاد

٣-١: معالجة المنظور

وهي المرحلة الأخيرة من دمج الرسوم ثنائية الأبعاد مع المجسمات ثلاثية الأبعاد بعد إضافة حركة الكاميرا داخل المشهد حيث يمكننا بإستخدام التأثير OrthoLock ربط زاوية رؤية وحركة الطبقات ثنائية الأبعاد بإتجاه الكاميرا حيث تتبح زاوية رؤية الطبقات ثنائية الأبعاد حركة الكاميرا داخل الفراغ ثلاثي الأبعاد كما هو مبين بالشكل (١١)

شكل (١١) يوضح دمج شخصية متحركة ثنائية الأبعاد داخل مجسم ثلاثي الأبعاد مع حركة كاميرا

وكما هو مبين أيضاً في الشكل (١٢)



الشكل (١٢) رسم متحرك ثنائي الابعاد مع مجسم متحرك ثلاثي الأبعاد

نتائج البحث:

1 - التحريك والرسم الرقمي هو الأكثر استخداما في انتاج أفلام الرسوم المتحركة

2 - استخدام كاميرا برامج التحريك هي الأفضل في جودة الإنتاج من كاميرات برامج التركيب والدمج

3 - برنامج تون بوم هاموني برمييم هو الأفضل في عمليات تحريك وإخراج مشاهد ثنائية الأبعاد مدمجة بعناصر متحركة ثلاثية الأبعاد

4 - لإنتاج رسوم متحركة ثنائية الأبعاد مدمجة بعناصر متحركة ثلاثية الأبعاد نحتاج البرامج التالية :

a. برنامج التصميم والتحريك ثلاثي الأبعاد اوتوديسك مايا Autodesk Maya 3D

b. برنامج الرسم والتحريك ثنائي الأبعاد هارموني برمييم Toon Boom harmony

5 - عند استخدام مكتبات او نماذج ثلاثية الأبعاد من برامج اخري ودمجها بالمشاهد المتحركة ثنائية الأبعاد يجب وجود برنامج اوتوديسك مايا لاستخدام مشغلات الريندر الخاصة به من داخل برنامج التون بوم هارموني برمييم للحفاظ علي جودتها .

توصيات البحث:

1 - استخدام برنامج تون بوم هارموني برميوم Toon Boom Harmony premium في انتاج أفلام رسوم متحركة ثنائية الأبعاد مدمجة بعناصر متحركة ثلاثية الأبعاد

2 - استخدام كاميرا برنامج تون بوم هارموني برميوم Toon Boom Harmony premium في اخراج وتصوير المشاهد ثنائية الأبعاد المدمجة بعناصر متحركة ثلاثية الأبعاد

3 - الاهتمام بالأساليب التكنولوجية الحديثة لإنتاج أفلام الرسوم المتحركة

4 - إهتمام المؤسسات العلمية وخاصة قسم الميديا والتحريك بكلية الفنون التطبيقية بتدريس مقررات عن عمليات تحريك وإخراج مشاهد ثنائية الأبعاد مدمجة بعناصر متحركة ثلاثية الأبعاد

5 - إهتمام المؤسسات الإنتاجية وشركات إنتاج الرسوم المتحركة بأهمية دمج الرسوم المتحركة ثنائية الأبعاد مدمجة بعناصر متحركة ثلاثية الأبعاد لما توفره من وقت وجودة وعمق فني باللقطات

الخلاصة :

ان تحريك الرسومات ثنائية الأبعاد والمجسمات ثلاثية الأبعاد ودمجها داخل فراغ ثلاثي الأبعاد و إضافة الكاميرا المتحركة لربط المشهد والتعامل مع كافة الرسوم والمجسمات المتحركة داخل نفس المشهد يعد مؤخرا مطلبا أساسيا لكافة السيناريوهات والرؤية الإخراجية لإنتاج أفلام الرسوم المتحركة مما يستدعي تحديد أفضل الطرق وأنسب الوسائل والأساليب الواجب استخدامها لمراحل الانتاج للفيلم المتحرك مع كيفية دمج وربط كل من الرسومات ثنائية الأبعاد والمجسمات ثلاثية الأبعاد وتحريكها داخل الفراغ ثلاثي الأبعاد و إضافة وتحريك الكاميرا بالمشهد في نفس الفراغ .

وباستخدام برنامج تون بوم هارموني برميوم Toon Boom Harmony premium في انتاج أفلام رسوم متحركة ثنائية الأبعاد مدمجة بعناصر متحركة ثلاثية الأبعاد واستخدام كاميرا برنامج تون بوم هارموني برمييم Toon Boom Harmony premium في اخراج وتصوير المشاهد ثنائية الأبعاد المدمجة بعناصر متحركة ثلاثية الأبعاد تعد أفضل الأساليب التكنولوجية الحديثة لإنتاج أفلام الرسوم المتحركة مع إمكانية محاكاة خصائص الكاميرا لما يوفره بداية من الرسم والتلوين والتحريك للرسوم ثنائية الأبعاد من ادارج التصاميم ثلاثية الأبعاد بنفس المشهد ثم إضافة الكاميرا و تحريكا للمحتوي ككل دون فقد أي عنصر ربط أو محاكاة أو توافق حركة بسبب تنفيذ كافة العمليات داخل برنامج واحد .

المراجع:

1- Keith Osborn - Cartoon Character Animation with Maya: Mastering the Art of Exaggerated Animation – Bloomsbury - 2015
2- Jeremy Hanke - Greenscreen Made Easy: Keying and Compositing Techniques for Indie Filmmakers - Michael Wiese Productions; 2nd edition (2009)
3- https://www.toonboom.com/resources/white-papers 2 nov 2018
4- Harold Whitaker – John Halas , Timing for Animation – Focal Press – 2nd Edition – 2009
5- Angie Jones and Jamie Oliff, Thinking Animation – bringing the Gab between 2D and CG , Thomson , 2007
6- https://www.toonboom.com/learn 2 oct 2018
7- Peter Lord - Cracking Animation: The Aardman Book of 3-D Animation (Fourth edition) – Thamas a Hudson - 2015
8- Chad Perkins -The After Effects Illusionist: All the Effects in One Complete Guide - Focal Press - 2009
9- www.autodesk.com - 5 oct 2018
10- Andy Beane - 3D Animation Essentials – Sybex - 2012
11- Compositing Visual Effects Essentials for the Aspiring Artist - Steve Wright - Focal Press - Copyright © 2008
12- https://www.toonboom.com/products/harmony 1 nov 2018