برامج النحت الرقمي ودورها في تصميم نماذج ثلاثية الأبعاد لوسائط الميديا المرئية

"Digital Sculpture Programs and Their Role in Designing 3D Models for Visual Media Arts"

إعداد

لينا محمد محمد أبوالسعود

معيدة بقسم النحت والتشكيل المعماري والترميم، كلية الفنون التطبيقية، جامعة بنها

إشراف

أ.م.د/ ساره عبدربه محمد عبده

أستاذ مساعد بقسم النحت والتشكيل المعماري والترميم، كلية الفنون التطبيقية جامعة بنها

م.د/محمد عيد أحمد

مدرس بقسم الجرافيك بكلية الفنون الجميلة، جامعة حلوان

الملخص:

يُعد النحت الرقمي من أبرز التحولات التي شهدتها الفنون البصرية في العصر الرقمي، إذ أتاح للفنانين إمكانيات غير مسبوقة في التعبير البصري، وساهم في تطوير مجالات الرسوم المتحركة، والمؤثرات البصرية، وتصميم الشخصيات في البرامج والأفلام. ولم يعد مجرد وسيلة فنية، بل أصبح أداة إنتاجية رئيسية تستجيب لمتطلبات الصناعة من حيث المرونة والسرعة والدقة، وتتيح برامجه المتخصصة إنتاج نماذج ثلاثية الأبعاد بتفاصيل دقيقة، مع سهولة التعديل والمحاكاة الافتراضة للمشاهد قبل تنفيذها داخل العمل. ويتناول هذا البحث دراسة النحت الرقمي كوسيط إبداعي حديث في مجال صناعة الأفلام والبرامج التلفزيونية، من خلال دراسة أبرز البرامج المعتمدة والشائعة في بيئة النحت الرقمي.

Abstract:

Digital sculpting represents one of the most significant transformations in visual arts within the digital age, offering artists unprecedented capabilities for visual expression. It has played a pivotal role in advancing fields such as animation, visual effects, and character design in television and film production. No longer merely a creative tool, digital sculpting has evolved into a core -ةعـ لاو لا*+,.٥pr asset thathe industry's growing demands for speed,

precision, and adaptability. Specialized sculpting software enables the creation of highly detailed 3D models, facilitating rapid modifications and virtual scene simulations prior to visual execution. This study explores digital sculpting as a contemporary creative medium in film and television production, with a focus on leading software platforms used in modeling and shaping digital assets in modern visual workflows.

الكلمات المفتاحية Key Words:

النحت الرقمي Digital Sculpture، المجسمات ثلاثية الأبعاد 3D Models، المؤثرات البصرية VFX

المقدمة Introduction:

تأثر فن النحت بشكل كبير بالتقدم التكنولوجي. حيث ارتبط النحت التقليدي لفترة طويلة بإنتاج أشكال ثلاثية الأبعاد من مواد ملموسة مثل الطين والحجر والمعادن، مستخدمًا أدوات يدوية كالأزاميل والمطارق، ضمن سياقات تاريخية وثقافية متنوعة. وقد انتقلت هذه التقنيات عبر الأجيال، محافظةً على مضامينها الفنية والثقافية والرمزية المتجذرة في المادة والأسلوب.

على النقيض من ذلك، يستخدم النحت الرقمي تكنولوجيا الحاسب الالي لإنشاء مجسمات ثلاثية الأبعاد افتراضية للمنحوتات. غالبًا ما تتضمن الأساليب برامج مثل Blender، مما يسهل صياغة التفاصيل المعقدة رقميًا، مما يسمح للفنانين بتجربة الأشكال والمواد التي قد تكون مرهقة أو مستحيلة في الوسائط المادية. يوفر النحت الرقمي للفنانين مجموعة من الأدوات المبتكرة التي تعزز الإبداع، مما يمنحهم المرونة في التعامل مع تصميماتهم وتكرارها دون القيود التي تفرضها المواد المادية.

مشكلة البحث Statement of the Problem:

تتمثل مشكلة هذا البحث في تحليل أثر برامج النحت الرقمي المتخصصة على إنتاج الأعمال الفنية، وعلى وجه الخصوص في البرامج والأفلام. ويُطرح السؤال الرئيسي للبحث: إلى أي مدى تساهم أدوات النحت الرقمي في تطوير المحتوى البصري وتوسيع إمكانيات التعبير الفني في سياقات الإعلام المرئي المعاصر؟

فروض البحث Hypothesis:

- تساهم البرامج الرقمية المتخصصة في النحت في تحسين جودة التصميم البصري داخل البرامج والأفلام.

- يتيح استخدام النحت الرقمي للفنانين والمصممين حرية أكبر في التعبير الإبداعي مقارنة بالنحت التقليدي.
- يساعد النحت الرقمي على تقليل التكاليف والوقت اللازمين لإنتاج المجسمات البصرية في مشاريع الميديا المرئية.

أهداف البحث Opjectives:

- الكشف عن إمكانيات النحت الرقمي كوسيط فني إبداعي وابراز دوره في دعم الجوانب الجمالية والتقنية في الإنتاج البصري.
- تسليط الضوء على أبرز التقنيات والبرمجيات المستخدمة في النحت الرقمي.
- توضيح كيفية مساهمة النحت الرقمي في تطوير أشكال التعبير الفني، واستكشاف إمكانياته التقنية والجمالية.

منهج البحث Methodology:

اعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي، من خلال مراجعة الدراسات السابقة، إلى جانب استخدام المنهج التجريبي من خلال تنفيذ نماذج نحت رقمية تطبيقية تُوظَّف في سياق البرامج والأفلام.

المحور الأول: الإطار النظري للبحث Theoretical Framework:

١. تعريف النحت الرقمي Digital Sculpture:

يمكن تعريف النحت الرقمي بوصفه أحد الأشكال الفنية المعاصرة التي تعتمد على التكنولوجيا الرقمية في إنشاء مجسمات ثلاثية الأبعاد للعمل الفني، ويتميّز هذا النوع من النحت بقدرته على تجاوز القيود التقنية التي تفرضها الخامات التقليدية، مما يمنح الفنان مرونة أكبر في التحكم في الشكل والملمس والبنية. كما توفّر بيئة النحت الرقمي مساحة واسعة للتجريب والتعديل السريع، بما يسهم في تسريع عمليات الإنتاج الفني ورفع كفاءتها، خاصة في المشاريع الإعلامية المعاصرة. بالإضافة إلى ذلك، يتمتع النحت الرقمي بإمكانية التكامل مع تقنيات الواقع الافتراضي والواقع المعزز، وهو ما يعزّز التفاعل بين العمل الفني والجمهور، ويفتح آفاقًا جديدة لتجارب بصرية غامرة ومتطورة.

٢. المجسمات ثلاثية الأبعاد 3D Models:

المجسمات ثلاثية الأبعاد هي نماذج رقمية تُنشأ باستخدام برامج متخصصة لتجسيد الخصائص التشكيلية والوظيفية لأجسام أو عناصر افتراضية. وتُعد النماذج الناتجة عن النحت الرقمي تمثيلات دقيقة تحاكي النحت التقليدي، لكنها تتميز بالمرونة التقنية،

وقابليتها للتحريك والتعديل، وتُستخدم في مجالات كالأفلام والألعاب والطباعة ثلاثية الأبعاد.

شكل.١ نموذج ثلاثي الأبعاد لشخصية خيالية تم نحته باستخدام برنامجZBrush ، يُظهر تفاصيل دقيقة في تعابير الوجه والملابس

٣. المؤثرات البصرية VFX:

المؤثرات البصرية، والمعروفة اختصارًا بـVFX، تشير إلى التقنيات المستخدمة لإنتاج صور متحركة أو تأثيرات بصرية في الأفلام، الإعلانات، والألعاب. تشمل هذه المؤثرات مجموعة من العمليات التي تُستخدم لتحسين أو تغيير مشاهد في الأفلام أو العروض، ما يجعلها أكثر جاذبية وواقعية. وتُستخدم المؤثرات البصرية لإنشاء بيئات خيالية أو

مخلوقات غير موجودة في الواقع، مما يُمكّن صُناع المحتوى من توسيع حدود الخيال البشري.

٤. أهم البرامج المستخدمة للنحت الرقمي:

قبل ظهور التكنولوجيا الرقمية، كان النحت يُنفَّذ باستخدام مواد تقليدية مثل الطين، حيث يُنتج الفنانون تماثيل تُستخدم مباشرة في الأفلام أو تُعاد صبّها بمواد قابلة للارتداء مثل اللاتكس. ومع تطور الصناعة، أصبح من الضروري إنتاج نماذج ثلاثية الأبعاد بدقة وسرعة، خاصة في مجالات الألعاب، التلفزيون، والسينما. وفي هذا الإطار، أصبح النحت الرقمي وسيلة فنية وتقنية حديثة، مدعومة ببرمجيات متقدمة توفر أدوات وفرشًا تحاكي خصائص الطين وتتيح تحكمًا أكبر في التفاصيل الدقيقة. يتطلب استخدام هذه الأدوات إلمامًا بالجوانب التقنية للنمذجة والإضاءة وتحضير المواد، بالإضافة إلى مهارات فنية في الشكل واللون والملمس.

٤.١. برنامج ZBrush

يُعد ZBrush من أبرز برامج النحت الرقمي والنمذجة ثلاثية الأبعاد، طوّرته شركة Pixologic، ويتميّز بتقنية Pixol التي تدمج بين الرسم والنحت، ما يمنحه قدرة عالية

على محاكاة نحت الطين التقليدي. يُستخدم البرنامج بشكل واسع في تصميم الشخصيات والمجسمات ضمن صناعات الألعاب والأفلام والرسوم المتحركة، ويُصنّف كبرنامج 2.5D يتيح نحت نماذج معقدة تحتوي على مليارات الأضلاع. كما يوفّر بيئة تفاعلية عالية الدقة تسمح بتخصيص الأدوات والتفاصيل بدقة، مما يجعله من الأدوات الأساسية في إنتاج المحتوى البصري عالي الجودة.

٤.١.١. تطبيق استخدام ZBrush في صناعة الميديا

شكل برنامج ZBrush عنصرًا أساسيًا في إنتاج العديد من الأفلام العالمية، مثل فيلم Avatar (إخراج جيمس كاميرون)، حيث أسهم بشكل كبير في تصميم الشخصيات والكائنات الخيالية وخلق بيئات بصرية دقيقة وواقعية. من خلال أدوات النحت المتقدمة التي يوفرها، تمكّن الفريق من نحت تعبيرات الوجه والتفاصيل الدقيقة للبشرة والعناصر العضوية، مما أضاف بعدًا إنسانيًا للشخصيات الافتراضية. يوفر ZBrush مرونة عالية وسرعة في تعديل التفاصيل، متجاوزًا قيود تقنيات النمذجة التقليدية، مما جعله أداة أساسية في سير العمل البصري للفيلم. هذا المثال يبرز دور النحت الرقمي، خاصة باستخدام ZBrush، كأداة رئيسية في تعزيز الإبداع البصري وإنتاج محتوى سينمائي غامر.

شكل.٢ نحت رقمي لأحد شخصيات فيلم "Avatar" من خلال برنامج ZBrush

٤.٢. برنامج 3D Blender

يُعد Blender من أبرز برامج النحت الرقمي ثلاثي الأبعاد المجانية والمفتوحة المصدر، لما يتمتع به من مرونة ودعم شامل لعمليات النمذجة، والتحريك، والمحاكاة، والتحويك. بدأ تطوير Blender على في عام ١٩٨٩م على يد تون روزندال، ورغم التحديات المالية التي واجهت الشركة المطورة ، إلا أن Blender ظل مستمرًا في النمو حتى أصبح من الأدوات الرائدة عالميًا في مجال التصميم الرقمي.

٤.٢.١. تطبيق استخدام برنامج Blender في إنتاج الأفلام المفتوحة المصدر

يمثل Blender أداة رئيسية في إنتاج الأفلام المفتوحة المصدر، إذ يتم استخدامه لاختبار قدراته التقنية والفنية من خلال مشاريع حقيقية. في عام ٢٠٠٥، أطلقت مؤسسة

Blenderمشروع "البرتقال(Project Orange) "، بهدف إنتاج فيلم قصير باستخدام أدوات مفتوحة المصدر بالكامل، بما في ذلك .Blender وقد أسفر المشروع عن فيلم "Elephants Dream"،وهو عمل سوريالي يستعرض مغامرة داخل آلة عملاقة.

شكل.٣ Elephants Dream أول فيلم مفتوح في العالم، تم إنتاجه بالكامل باستخدام برامج رسومية مفتوحة المصدر مثل .Blender صدر في عام ٢٠٠٦م.

تم إصدار الفيلم وجميع مواده تحت رخصة المشاع الإبداعي، مما أتاح للمجتمع الفني الاستفادة من أصول العمل وتوظيفها بحرية. شكّل هذا المشروع خطوة محورية في إبراز قدرات Blender كبرنامج احترافي لإنتاج الرسوم المتحركة والأعمال السينمائية.

٤.٣. برنامج Autodesk Maya:

برنامج Autodesk Maya هو أداة رئيسية في تصميم ثلاثي الأبعاد، تم تطويرها عام ١٩٩٨ بواسطة Alias Systems، ثم استحوذت عليها Autodesk في ٢٠٠٦م. يتميز بقدرته على إنشاء تطبيقات تفاعلية ثلاثية الأبعاد، ويُستخدم في مجالات مثل ألعاب الفيديو، الأفلام، والمسلسلات التلفزيونية، والمؤثرات البصرية المعقدة.

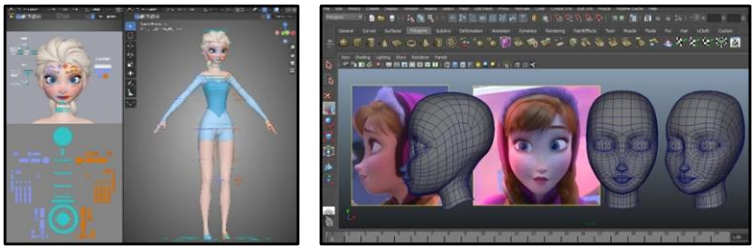
٤.٣.١. الخصائص الإبداعية والتقنية لبرنامج Maya

يجمع برنامج Maya بين الوظيفة التقنية والإبداعية، حيث يوفر أدوات متقدمة لتسهيل التشكيل والتصميم، مما يساعد المصممين على اتخاذ قرارات فنية دقيقة. كما يتيح تخصيص الأدوات وتطوير أدوات إنتاجية باستخدام لغات برمجة مثل MEL وPython، مما يعزز كفاءة سير العمل. رغم واجهته المعقدة، يتمتع Maya بمرونة كبيرة في التعامل مع مشاهد ثلاثية الأبعاد معقدة، ويوفر إمكانيات متقدمة في نمذجة العناصر الطبيعية مثل الشعر، الملابس، السوائل، والمؤثرات الجسدية.

٤.٣.٢. تطبيق استخدام برنامج Autodesk Maya في انتاج الأفلام:

استخدم استوديو Walt Disney Animation برنامج Autodesk Maya في تصميم شخصيات فيلم Frozen، ولا سيما شخصيتي آنا وإلسا. وقد أتاح البرنامج لفريق التصميم إمكانية التعامل مع التفاصيل المعقدة للشعر، والنسيج، والحركة الطبيعية للملابس في

بيئة ثلاثية الأبعاد. وقد ساهم Maya في تمكين المصممين من بناء شخصيات ديناميكية قابلة للتحريك بدقة، مما انعكس على جودة الرسوم المتحركة النهائية. يُعد Frozen من أبرز الأمثلة على التكامل بين البرمجيات المتقدمة والإبداع الفني في صناعة الرسوم المتحركة.



شكل.٤ واجهة برنامج Maya أثناء نحت شخصيتي Elsa وAnna أحد شخصيات فيلم Frozen

٤.٤. برنامج Cinema 4D:

يُعد Cinema 4D من أبرز برامج النمذجة والتحريك والموشن جرافيك، ويتميز بسهولة الاستخدام والمرونة، ويُستخدم البرنامج بشكل واسع في صناعة الإعلانات التجارية القصيرة. كما يوفر البرنامج أدوات متقدمة للنمذجة والاضاءة ويتكامل مع برنامج After Effects مما يجعله مثالياً لإنتاج مؤثرات مرئية ومتحركة عالية الجودة

٤.٤.١. تطبيقات برنامج Cinema 4D في مجال الإعلان:

اعتمدت شركة Nike على برنامج Cinema 4D في إنتاج عدد من إعلاناتها، من بينها إعلان "The Next Wave"، وذلك ضمن استراتيجيتها التي تستند إلى استخدام تقنيات الرسوم المتحركة المتقدمة. ساهم البرنامج في تحسين جودة الرسوم والمؤثرات البصرية من خلال قدراته في النمذجة ثلاثية الأبعاد، ومحاكاة الخامات، وتحريك الكاميرا داخل بيئات ديناميكية. وقد نفذت شركة ManvsMachine هذا الإعلان، مستفيدة من تكامل Cinema 4D مع برنامج Adobe After Effects، مما ساعد على تقديم تجربة بصرية تفاعلية تدعم الرسالة التسويقية وتعزز من جاذبية عرض المنتجات.

شكل.٥ تصميم حذاء Nike من خلال برنامج Cinema 4D

وهذا الإعلان يُعد مثالًا حيًّا على قدرة البرنامج على تقديم نتائج احترافية تمزج بين الفن والتكنولوجيا في الإعلانات التجارية.

المحور الثاني: الدراسة التجريبية التطبيقية

انطلاقًا من أهداف هذا البحث التي تسعى إلى استكشاف الإمكانيات الإبداعية لبرامج النحت الرقمي في مجال الفنون البصرية والإنتاج الإعلامي، تم تخصيص هذا المحور لتطبيق عملي يختبر أدوات النحت الرقمي داخل بيئة إنتاج حقيقية. وقد تم اختيار برنامج Blender كأداة أساسية نظرًا لما يوفّره من مرونة، وقدرات نحت عالية الدقة، ودعم متكامل للنمذجة والإضاءة والخامات والإخراج الفني، مما يجعله مثاليًا لتصميم النماذج ثلاثية الأبعاد المستخدمة في البرامج والأفلام.

يهدف هذا الجزء التجريبي إلى ترجمة المفاهيم النظرية التي تناولها الإطار النظري إلى ممارسة تطبيقية، تُبرز دور النحت الرقمي في بناء نماذج تخدم أهدافًا وظيفية وجمالية داخل سياقات بصرية ترفيهية.

أولًا: النموذج التجريبي الأول – حامل قلم بتصميم خيالي

في إطار الجانب التطبيقي للبحث، تم تنفيذ نموذج ثلاثي الأبعاد باستخدام برنامج Blender يجسد توظيف النحت الرقمي في إنتاج عناصر بصرية تُستخدم في وسائط الميديا المرئية. تمثّل هذا النموذج في تصميم حامل قلم ذو طابع خيالي مرعب، يتمثل

في يد مخيفة تخرج من مرآة سحرية، تُمسك بقلم، في محاكاة لقطعة إكسسوار يمكن استخدامها على مكتب ساحر شرير أثناء كتابته للتعاويذ.

اعتمد تنفيذ النموذج على توظيف أدوات النحت الرقمي داخل بيئةBlender ، من خلال بناء الكتلة الأساسية لليد وتفاصيل تشريحية تُظهر العروق والتجاعيد والأظافر بطريقة واقعية تعبّر عن الطابع المرعب، مع التركيز على محاكاة خامات مثل الجلد المتآكل والمعدن المعتق لهيكل المرآة. وتم تحقيق التوازن بين الوظيفة (حامل القلم) والشكل الجمالي الفانتازي، بما يخدم سيناريو الاستخدام في سياق درامي بصري مثل أفلام السحر أو ألعاب الفيديو.

شكل.٦ سكتش يدوي للنموذج التطبيقي الأول (حامل القلم)

شكل.٧ عناصر النموذج الرقمي في واجهة برنامج Blender قبل مرحلة الرندر

شكل.٨ النموذج التطبيقي الأول – حامل القلم– وتم نحته باستخدام برنامج Blender

شكل.٩ تخيل للنموذج الأول – حامل القلم– على مكتب شخصية ساحر شرير

ثانياً: النموذج التجريبي الثاني – تصميم مجسم القرد البحار

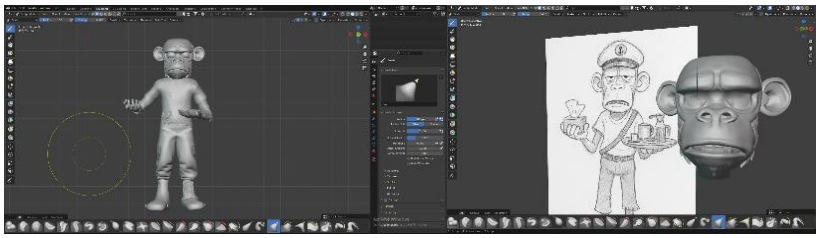
يأتي النموذج الثاني في إطار استكشاف الطابع السردي والإبداعي للنحت الرقمي من خلال المزج بين التصميم الكرتوني والوظائف العملية للمجسمات داخل المشاهد البصرية أو البيئات الداخلية في البرامج والأفلام. تم في هذا المشروع استخدام برنامج **Blender** لتصميم مجسم ثلاثي الأبعاد لشخصية خيالية تجمع بين عنصر الكائن الحي والوظيفة اليومية، بحيث يمكن استخدامها كقطعة ديكور في غرفة المعيشة أو مساحة داخلية ضمن مشهد، أو حتى كعنصر وظيفي مثل طاولة صغيرة أو حامل.

يتجسّد المجسم في هيئة قرد بحار يظهر بملامح وجه تعبّر عن الملل وعدم الحماسة، مرتديًا زيًا بحريًا يبدو عليه الإهمال. وقد رُوعي في تصميم هذه الشخصية أن تحمل طابعًا مرحًا وخفيف الظل، من خلال التلاعب بالتفاصيل التعبيرية للوجه، ووضعيات الجسد، والملمس الخارجي للملابس. كما تم إضفاء أبعاد واقعية وعضوية باستخدام أدوات النحت الرقمي الخاصة ببرنامج Blender، خصوصًا في تشكيل طيات القماش، وتفاصيل الشعر، وتعابير الوجه.

ويُبرز هذا النموذج الإمكانات السردية التي يمكن أن تضيفها الشخصيات ثلاثية الأبعاد عند توظيفها داخل المشاهد البصرية، سواء لغرض الترفيه أو توصيل الرسائل الفنية،

بالإضافة إلى تأكيد أهمية الجمع بين الوظيفة الجمالية والعملية في تصميم العناصر البصرية عبر تقنيات النحت الرقمي.

شكل.١٠ سكتشات مبدئية لتصميم كرتوني للقرد البحّار يحمل صينية إفطار وعلبة مناديل



شكل.١١ بعض مراحل نحت النموذج باستخدام فرش النحت في واجهة تسمى Sculpting داخل برنامج Blender

شكل.١٢ الرندر النهائي لنموذج القرد البحار بعد نحته على برنامج Blender

النتائج Results:

١. أثبتت برامج النحت الرقمي كفاءة عالية في تعزيز الإنتاج البصري، من خلال تمكين المصممين من إنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد دقيقة ومعقدة بمرونة أكبر مقارنةً بالنحت التقليدي.

٢. تشكل أدوات النحت الرقمي ركيزة أساسية في صناعة الميديا المرئية، خاصة في مجالات مثل الرسوم المتحركة، المؤثرات البصرية، وتصميم الشخصيات، إذ تُساهم في تسريع الإنتاج وتوفير التكاليف دون التأثير على الجودة الفنية.

٣. أظهرت الدراسة التجريبية قدرة برنامج Blender على محاكاة واقعية العناصر المجسمة، سواء من حيث النحت التشريحي الدقيق (كما في نموذج اليد) أو

الطابع السردي الكرتوني (كما في نموذج القرد البحار)، مما يدل على إمكانية توظيف النحت الرقمي لأغراض متعددة بين الجماليات والوظائف.

٤. تبرز بيئة البرامج مثلZBrush ، Blender، Maya، وCinema 4D كأدوات متكاملة تتيح تحكماً شاملاً في تصميم المجسمات، من مرحلة التكوين الأولى حتى الإخراج النهائي، مما يسهم في إثراء اللغة البصرية المعاصرة.

٥. أثبت النحت الرقمي فعاليته في محاكاة المواد والتفاصيل الدقيقة مثل الجلد، الشعر، الأقمشة، والسوائل، وهو ما يمكّن من تقديم تجربة بصرية غامرة ومقنعة للمُشاهد.

التوصيات Recommendation:

١. زيادة الاستثمار في تدريب المصممين والفنانين على أدوات النحت الرقمي، لتمكينهم من خوض تجارب بصرية أكثر تنوعًا وتطورًا في سياقات مختلفة مثل الإعلانات والأفلام والألعاب.

٢. العمل على تطوير مكتبات عربية متخصصة في تعليم النحت الرقمي، تواكب التطور التكنولوجي العالمي، وتراعي خصوصية المستخدم العربي من حيث اللغة والمحتوى التطبيقي.

٣. الاستفادة من النحت الرقمي في تطوير المحتوى المحلي، عبر إنتاج شخصيات افتراضية ومنتجات بصرية تعبّر عن الثقافة العربية في البرامج والرسوم المتحركة والمواد التفاعلية.

٤. دعم المشاريع الفنية والبحثية التي تستخدم النحت الرقمي كوسيلة للتعبير أو وسيلة إنتاجية، خاصة في المؤسسات الأكاديمية والجهات المنتجة للمحتوى البصري الترفيهي أو التثقيفي.

المراجع:

١. السعيد، د. م. السعيد. (٢٠٢١). الرقمية كلغة تشكيلية جديدة في فن النحت .مجلة الفنون والعلوم الإنسانية، ٧(يونيو)، ٩٢–١٠٠

٢. صادق، س. ح. (١٩٩٢). عصر العلم. المركز القومي للبحوث العلمية والتكنولوجيا، القاهرة.

٣. عبد المنعم، د. م.، الدسوقي، م. إ.، & مرسي، م. ع. (٢٠١٩). تقنية الواقع المعزز وعلاقتها بتنمية مهارات إنتاج الأفلام التعليمية ثلاثية الأبعاد باستخدام برنامج Cinema 4D لدى طالب تكنولوجيا التعليم. مجلة البحوث في مجالات التربية النوعية، (٢٢)، ١–٣٠.

٤. علي، الدسوقي، مرسي. (٢٠١٩). تقنية الواقع المعزز وعلاقتها بتنمية مهارات إنتاج الأفلام التعليمية ثلاثية الأبعاد باستخدام برنامج Blender لدى طالب تكنولوجيا التعليم .مجلة البحوث في مجالات التربية النوعية، ٢٢(عدد خاص)، ٣٣–٤٧

٥. علي، ر. م. (٢٠١٨). تقنيات الصورة الرقمية ودورها في تحولات الرسم العالمي المعاصر. مجلة الفنون الجميلة، ١(١)، ١–١٥.

٦. فرج، د. (٢٠١٩). النحت بين الواقع الافتراضي وفلسفة النحات المعاصر . DOI:10.13140/RG.2.2.32032.74249

٧. فرج، م. (٢٠٢٥). إمكانات النحت الرقمي لطالب التربية الفنية في ضوء متطلبات التنمية المستدامة .مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية، (٤٩)، ٤٠٠–٤١٨

٨. مبارك، ح. (٢٠١٥). استخدام التكنولوجيا الرقمية كأدوات جديدة للنحات لاستحداث أبعاد تشكيلية جديدة (رسالة دكتوراه غير منشورة). كلية الفنون الجميلة، جامعة المنيا

References:

1. (2022). "Sculpture in the Digital Age". International Journal of Art Innovation and Development, 3(1). https://doi.org/10.38007/ijaid.2022.030106
2. (2022). Sculpture in the digital age. International Journal of Art Innovation and Development, 3(1). https://doi.org/10.38007/ijaid.2022.030106
3. Aditya, C. (2024). Historical accuracy and artistic expression in 3d digital sculpting: exploring marcus aurelius as historical representation., 58-67. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-390-0_7
4. Chen, Y. and Liu, Y. (2024). Preserving sculptural heritage in the era of digital transformation: methods and challenges of 3d art assessment. Sustainability, 16(13), 5349. https://doi.org/10.3390/su16135349
5. Fang, C. (2024). Application of depth convolution virtual reality (vr) in traditional sculpture design under digital modeling. jes, 20(7s), 01-14. https://doi.org/10.1155/2022/9095577
6. Hurst, W., Spyrou, O., Tekinerdoğan, B., & Krampe, C. (2023). Digital art and the metaverse: benefits and challenges. Future Internet, 15(6), 188. https://doi.org/10.3390/fi15060188
7. Li, Y. and Zhao, H. (2023). Discussion on the performance characteristics of digital sculpture based on zbrush.. https://doi.org/10.1117/12.2667533
8. Li, Z. (2024). Representation and spreading of chinese national culture through ai-enabled digital sculpture. Limited Liability

Company "Grizzly", (11), 60-70. https://doi.org/10.56900/2312-6116_2024_11_60

9. Li, Z. (2024). Representation and spreading of chinese national culture through ai-enabled digital sculpture. Limited Liability Company "Grizzly", (11), 60-70. https://doi.org/10.56900/2312-6116_2024_11_60
10. Liu, Y. (2024). Digital interactive design of art sculpture decoration based on augmented reality technology. International Journal of Art Innovation and Development, 5(1). https://doi.org/10.38007/ijaid.2024.050101
11. Marinov, N. (2024). Using digital methods to work on an existing sculptural object or one in the process of physical fabrication. Visual Studies, 8(3), 370-375. https://doi.org/10.54664/qbch9804
12. Nannan, L. (2023). Research on the communication path of huizhou three sculptures from the perspective of new media. Frontiers in Art Research, 5(9).https://doi.org/10.25236/far.2023.050918
13. Pichkur, M. (2024). The essence of digital sculpture and its significance in the contemporary socio-cultural space. Bull. Lviv Univ., Ser. Arts Stud., 243(25), 3-17. https://doi.org/10.30970/vas.25.2024.3-17
14. Ryan, J. (2014). The transformation of archival philosophy and practice through digital art. Philosophy Study, 4(5). https://doi.org/10.17265/2159-5313/2014.05.006
15. Sargentis, G., Frangedaki, E., Chiotinis, M., Koutsoyiannis, D., Camarinopoulos, S., Camarinopoulos, A., … & Lagaros,

N. (2022). 3d scanning/printing: a technological stride in sculpture. Technologies, 10(1), 9.

16. Shcherbakov, S. (2025). The evolution of sculpture: from traditional materials to digital technologies. National Academy of Managerial Staff of Culture and Arts Herald, (1).
17. Shi, L. (2021). Application research of 3d digital technology in sculpture creation. E3s Web of Conferences, 236, 05101.
18. Tan, M. and Tan, C. (2021). Curating wellness during a pandemic in singapore: covid-19, museums, and digital imagination. Public Health, 192, 68-71. https://doi.org/10.1016/j.puhe.2021.01.006
19. Van, V. (2024). Sculpture training before the development of digital sculpture and artificial intelligence (ai): a comparison of some sculpture undergraduate programs in vietnam and the usa. International Journal of Religion, 5(12), 1179-1188. https://doi.org/10.61707/jgnzq224
20. Wang, R. (2021). Computer-aided interaction of visual communication technology and art in new media scenes. Computer-Aided Design and Applications, 19(S3), 75-84.
21. Yang, Z. (2022). Application and development of digital enhancement of traditional sculpture art. Scientific Programming, 2022, 1-8.
22. Zhang, X. and Ibrahim, A. (2024). Exploring the integration of traditional cultural elements in digital media sculpture creation. Journal of Education and Educational Research, 10(2), 48-52. https://doi.org/10.54097/eg5vzg41