

## فاعلية توظيف التقنيات الرقمية لإثراء أعمال النحت المعاصر في الفراغات العمرانية المفتوحة

دينا رضوان محمد رضوان

كلية الفنون التطبيقية – جامعة حلوان

Submit Date:2023-04-02 22:46:03 | Accept Date: 2023-04-27 20:47:49

DOI:10.21608/jdsaa.2023.203767.1268

### ملخص البحث:-

لقد ساهمت التقنيات الرقمية في تغيير مسار النحت في الفراغات العمرانية المفتوحة وأخرجت المظهر البنائي للأعمال النحتية من بوتقة المفاهيم التقليدية إلى فضاء التجديد الفسيح بما منحته للمصمم النحات من أدوات ليشكل بها مفاهيم معاصرة تواكب الثورة المعلوماتية الهائلة، وجعلته يخلق نحو المستقبل تاركاً خلفه كل القيود التي تحد من عملية إبداعه. وقد أثرت التقنيات الرقمية أعمال النحات المعاصر في الفراغات العمرانية المفتوحة بما أدخلته من مقومات ومستجدات متنوعة جعلت من الخيال الخصب للمصمم النحات حقيقة واقعية مجسدة حيث لا قيود تخضع لها آليات التنفيذ. ويتناول هذا البحث عرضاً للتقنيات الرقمية مثل تقنيات العالم الافتراضي وتقنيات الميكاترونك وتقنيات الضوء وتقنيات النمذجة وتقنية الفورماتوجرافي وتكنولوجيا الفانتوم وتقنيات الذكاء الاصطناعي وتوظيفها في الأعمال النحتية في الفراغات العمرانية المفتوحة من خلال تجارب النحت الافتراضي في البيئات العمرانية الافتراضية، ومن خلال التصميمات ثلاثية الأبعاد التي تتم نمذجتها ببرامج التصميم المتخصصة في مجال النحت ثم إنتاجها بالتقنيات الرقمية كالتباعة ثلاثية الأبعاد أو ماكينات cnc، وأيضاً استخدام التقنيات الرقمية كوسيط تشكيلي أو تعبير في بنية العمل النحتي.

### الكلمات المفتاحية:-

التقنيات، الرقمية، النحت، الفراغات، العمرانية

## المقدمة:

أسقطت التقنيات الرقمية بوسائطها الجديدة كل ما كان متعارف عليه في التشكيل النحتي وفتحت الباب على مصراعيه أمام عدد هائل من التوجهات في المعالجات الأسلوبية والتقنية وأحدثت صدمة في الثقافة الجوهريّة للصورة المرئية لتجميل الفراغات العمرانية المفتوحة، وأضافت نمطاً خاصاً للتذوق الفني للصياغة الجمالية والوظيفية للمشهد الحضري.

وقد أفسحت التجارب المنفتحة المرتبطة بالتحولات التقنية الرقمية عن مفاهيم معاصرة للنحت ورؤى فكرية تملئها فلسفة الوعي الفكري للمصمم النحات على الصياغة التشكيلية لبناء وتنفيذ أعماله النحتية في الفراغات العامة؛ فلم تعد تلك الأعمال تقتصر على الذاتية الجمالية لدى المتلقي فحسب بل أصبحت محفزاً للإدراك يستهدف أيضاً الوعي الجمعي التفاعلي.

وتتركز مشكلة هذا البحث في افتقار أعمال النحت ف الفراغات العمرانية المفتوحة لسمات المعاصرة والحدثة في الفكر والتنفيذ، والتقيّد بالمفاهيم التقليدية لبناء الشكل النحتي في الفراغ العمراني مما يحد من إبداع النحات المعاصر ويعرقل تحقيق خيالاته الابتكارية إلى مجسمات واقعية، ويهدف البحث إلى عرض التقنيات الرقمية التي من الممكن توظيفها في بناء أشكال النحت المعاصر بالفراغات العمرانية المفتوحة أو التي يتم توظيفها بالفعل في تنفيذ هذه الأشكال كحل لمشكلة البحث، كما وتكمن أهميته في الكشف عن نتائج التقاء الموهبة الذهنية للنحات المعاصر بالتقنيات الرقمية، ويفترض هذا البحث أن توظيف هذه التقنيات يثري التجربة الإبداعية فن النحت بمفاهيم جديدة تواكب العصر وترتقي بالمشهد الحضري وبالخبرة البصرية للمتلقي، ويتبع البحث منهجاً وصفيّاً تحليلياً.

## التقنية The technique

التقنية لغويّاً هي مجموع العمليات التي يمر بها أي عمل نحتي ينشأ قائماً بذاته، وتُعرّف على محورين: الأول كونها مجموع العمليات والمهارات التي يمر بها الفرد وصولاً إلى منتج قائم محدد المعالم، والثاني كونها الطرق الحديثة المتبعة التي تنتج عن المعرفة أو النظرية أو العلم الذي ينمو ويتطور بصدد المهارات. (٤)

ويمكن القول أن التقنية في فن النحت هي الوسيط الذي من خلاله يتم بناء الفكرة الإبداعية والذي يرتبط برؤية النحات ومفاهيمه وهي الطريقة المتبعة في لإنجاز العمل النحتي بفعل البرمجيات والماكينات والألات المتطورة.

## التقنيات الرقمية digital techniques

يمكن القول أن التقنيات الرقمية هي تشكيلة من البيانات تعتمد على استخدام عدد من المستويات قابلة للعد من أجل نقل المعلومات، والتقنيات الرقمية في فن النحت عبارة عن عنصر فعال ووسيلة تطوير للأداء التشكيلي لتصميم المنجز النحتي بحيث يمكن تعديله وفق رؤية المصمم من خلال أدوات تلك التقنيات، وتعتمد فيها المعالجات النسقية للتشكيل النحتي على أدوات و برامج الحاسب الآلي التي تقوم بدور البعد الغير مادي العامل في عالم افتراضي. (٢)

## أولاً تقنيات العالم الافتراضي:

العالم الافتراضي عبارة عن كيان وسيط يوجد في ذهن المصمم الذي يعمل على إنشائه ويحاكيه الحاسب الآلي من

خلال البرامج التكنولوجية المتخصصة وتقنياتها الرقمية المتعددة والتطبيقات التكنولوجية التي ترتبط بمعالجة البيانات والأشكال ثلاثية الأبعاد بجودة عالية، ويتضمن وصف لمجموعة من العناصر التي تشكلها والتي تحكمها قواعد وعلاقات ضمن أنظمة بيئية افتراضية تعكس على الحواس البشرية مجموعة من الانطباعات الحسية التي تتحدد أنواعها وجودتها وفق مستوى الانغماس والشعور بالتواجد كجزء من هذه الأنظمة. (٢١)

ويمكن تقسيم تقنيات الأنظمة البيئية التي يعمل عليها العالم الافتراضي على النحو التالي:

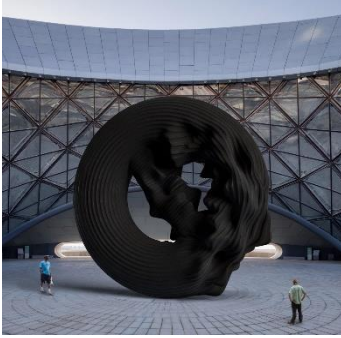
- **تقنية الواقع الافتراضي VR:** تعمل على نظام البيئة الغامرة التي يسيطر عليها المحاكاة التامة بحيث تمنح المصمم تجسيداً تخيلياً لكنه غير حقيقي عبر وسائل تكنولوجية متطورة للواقع الحقيقي مثل الأجهزة البصرية التي توضع على الرأس لتغذية الإدراك البصري والصوتي والحسي والحركي فيغمس في هذه البيئة انغماساً تاماً، وفي هذا النظام المعقد يكون للضوء إمكانيات لا نهائية وكذلك الامتداد الصوتي والرؤية والإحساس بالزوايا والمشاعر كما لو أن المصمم في واقع حقيقي، وهذه التقنية غير متزامنة بحيث يمكن للمصمم الدخول إليها في أي وقت يشاء.

- **تقنية الواقع المعزز AR:** تعمل على نظام البيئة الواقعية الموجودة في الحقيقة إلا أنها تعزز هذه البيئة بإضافة العناصر وتغطية المعلومات والبيانات الجديدة والمداخلات الحسية التي يقوم المصمم بإنشائها من خلال الحاسب الآلي مثل الصوتيات والمرئيات وهذه التقنية الأقل تعقيداً متزامنة أي تتطلب وجود كل من البيئة الواقعية وكيانات المجسمات الافتراضية في وقت واحد معاً وبذلك يظل شعور المصمم بوجوده في العالم الحقيقي قائماً ويتم عرض معلومات التصميم على جهاز محمول باليد. (١٧)

- **تقنية الواقع المختلط MR:** تعمل على نظامي الدمج والتفاعل بين المحتوى الافتراضي والمحتوى الواقعي لإنشاء بيئة جديدة تماماً وغير غامرة بمرئيات جديدة تتعايش داخلها العناصر المادية والرقمية وتتفاعل مع بعضها البعض ومع حواس المصمم في الزمن الفعلي، وهذه التقنية متزامنة تتطلب وجود كل من البيئة الواقعية والمجسمات الافتراضية معاً في نفس الوقت.

- **تقنية الواقع الممتد ER:** تعمل على نظام جمع التقنيات الثلاثة (الواقع الافتراضي VR، الواقع المعزز AR، الواقع المختلط MR)، بحيث تمنح المصمم تنوعاً هائلاً من مستويات الجودة للمدخلات والمستشعرات وتسمح لحواسه بالتفاعل مع البيئة المحيطة، لذا فهي غير غامرة ولكنها متزامنة تقنضي تواجد البيئة الواقعية والمجسمات الافتراضية معاً في الوقت ذاته. (٦)

والجدير بالذكر أن أدوات العالم الافتراضي شكل (١) مثل القفزات الخاصة والنظارات المتصلة بالحاسب الآلي قد مكنت النحات من لمس منحوتاته مباشرةً باليد وساعدته على إدراك كتلتها وملامسها ومشاهدة انعكاس الضوء على مسطحات التشكيل، كما أتاحت له صياغة العمل النحتي وفق المفهوم



شكل (٢)، أعمال نحتية افتراضية في الفراغ العام، للفنان الأمريكي كين كيلير Keen Kelleher (٢٣)



شكل (٣) منحوتات رقمية لنافورات من تصميم المصمم تشاد نايت Chad knight (٢٤)

### ثانياً تقنيات الميكاترونيك Mechatronics

تقنيات الميكاترونيك هي نظم ذكية تعمل على حساسات ومحركات وأجهزة تحكم، ويعتمد عمل تقنيات الميكاترونيك على الدمج بين الأنظمة الإلكترونية والكهربائية والميكانيكية ويقوم المصمم بدور المنسق بينها ويضع منظومة التحكم وفق ما يخدم الفكرة التي يقوم عليها عمله النحتي. (١٦) وقد ساعدت تقنيات الميكاترونيك على ظهور مفهوم جديد في فن النحت وهو النحت التفاعلي كفن مستقل بذاته يرتبط بأنظمة الكمبيوتر والبرمجة الرقمية، كما أثمرت عن أعمال نحتية حركية تعتمد على الخلايا الكهرومغناطيسية التي جعلت للعمل النحتي مجالاً مغناطيسياً يمنحه عالمًا من الديناميكية والحركة ومن ثم أصبح عنصر الحركة الفعلية المبرمجة في العمل النحتي باستخدام الشرائح الإلكترونية والمحركات الضوئية والمستشعرات وسيلة للتواصل وتوجيه الخطاب إلى المتلقي. وإضافة إلى ما سبق فإن تقنيات الإنتاج الرقمية للمنجزات النحتية بشكل عام سواء الأصلية أو المستنسخة هي أحد تطبيقات الميكاترونيك التي أثرت النحت المعاصر مثل:

- الطباعة ثلاثية الأبعاد 3d printing: بمساعدة برامج الحاسب الآلي المتخصصة يقوم المصمم النحات ببناء نموذج التصميم (النمذجة) ثم بضغطه زر يمكنه إنتاج أعماله، وتتم عملية الطباعة عن طريق رص طبقات الخامة التي تتخصص بها الطباعة بعضها فوق بعض حتى يكتمل شكل المنجز المطلوب، وقد مكنت هذه التقنية من إنتاج المنجزات النحتية ذات الأشكال المعقدة بمختلف أنواع الخامات مثل المعادن والبلاستيك والبوليمرات شكل (٤)، فأغنت عن القوالب والأيدي العاملة ذات

والرؤية التي يحب والتحكم في تشكيل النسب والأبعاد إما من خلال التوجيه الصوتي أو استخدام حركات الجسم التي تستجيب لها الأشكال النحتية استجابة منطقية في الزمن الفعلي. كما أن أداة مثل أداة النحت ثلاثية الأبعاد Air Sculpt التي يمكن ارتداؤها سمحت للمصمم النحات برسم أشكال منحوتة معبرة في الهواء وحولت أطراف أصابعه إلى فرش ومحايات وجعلت من يديه أدوات تحكم تتلاعب بمادة التشكيل مثل الطين وجعلته يتفاعل دون قيود مع منحوتاته المرنة في بيئة حقيقية يشعر فيها بحجم وعمق ما تمسه يده. (٢٠)



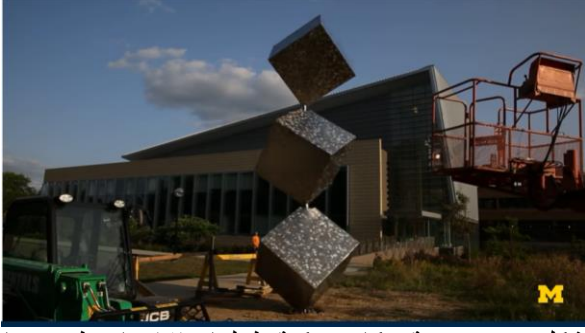
شكل (١) النحت الرقمي باستخدام أدوات العالم الافتراضي.

### توظيف تقنية العالم الافتراضي في أعمال النحت بالفراغات العمرانية المفتوحة

وقد أصبح العالم الافتراضي بديلاً ممتازاً للأساليب التقليدية التي تنفر إلى الواقعية وعمق الشعور مما يتطلب المزيد من الجهد والوقت والكثير من الخيال، كما للمصمم النحات إمكانية مشاهدة العمل النحتي في فضائه العمراني الواقعي ومعرفة ما سينتهي إليه العمل، وسهل عليه أيضاً إمكانية إضافة تشكيل ما إلى العمل أو حذف جزء منه، ومنحه إمكانية الإحساس بالخامة والملمس ومراقبة ما سيبدو عليه العمل النحتي في محيطه الكامل. (١٩) كما في أعمال النحت الافتراضي للفنان كين كيلير Keen Kelleher . شكل (٢)،

كما أتاح العالم الافتراضي إمكانية تصميم النافورات بقدر عالٍ من الواقعية يُمكن من رؤية المياه تتساقط منها كما في أعمال النحت الرقمي للمصمم تشاد نايت Chad knight شكل (٣)، بالإضافة إلى إمكانية اختبار مدى تفاعل الحركة البشرية مع الصياغة الجمالية والوظيفية لوجود الأعمال النحتية الميدانية ضمن بيئة التخطيط.





شكل (٥)، منحوتة ميكاترونيكية طولها ٢٥ قدمًا، تظهر فيها الحركة الفعلية للأشكال الهندسية البسيطة، من أعمال الفنان فيليب ستوروات Philip Stewart، شارع هاوارد، كاليفورنيا (٢٥)

واستطاع النحات المعاصر توظيف تقنيات الميكاترونك في إبداع الكتل النحتية المتحررة من الجاذبية الأرضية، كما ساهمت أيضًا تلك التقنيات بجعل المتلقي جزءًا من العمل النحتي والتجربة الإبداعية، إذ في بعض الأعمال تحقق الظلال والحركة أجواء درامية تعطي أثرًا عميقًا لدى المتلقي وتوجه نظرتهم إلى العمل نحو رؤى جديدة تفتح له آفاق الخيال، كما أصبحت العديد من الجداريات الميدانية تصمم وتنفذ بهذه التقنية؛ فظهرت الجداريات الرقمية التي تتفاعل مع تدفق حركة المارة وتسجل ردود أفعالهم بصورة دقيقة. شكل (٦)



شكل (٦) منحوتة وسائط رقمية تفاعلية بعنوان "ردهة" تلتقط ردود فعل المارة من خلال الشاشة الرقمية وتستجيب لها فتجمع بين الفن والحركة، من تصميم شركة Sensory Interactive، في هيوستن، ولاية تكساس. (٢٦)

#### ثالثًا تقنيات الضوء

أحدثت تقنية الثنائيات الضوئية الباعثة OLED طفرة في صياغة الأعمال النحتية بإمكانياتها اللانهائية التي ساعدت على خلق أشكال ضوئية جديدة حلت محل الإطارات التقليدية لتزويد الكهرباء، وطورت الفكر في التشكيل النحتي من خلال الأسطح الذكية وأنظمة التحكم الإلكترونية في حركة الضوء مما خلق أبعادًا تشكيلية جديدة منحت المتلقي فرصة لإنشاء أشكال خاصة به بواسطة ديناميكيات الضوء، كما في أعمال الفنان كريستوفر باودر Christopher Bauder. (٨).

الخبرة، وتنقسم أنواع الطابعات ثلاثية الأبعاد إلى طابعات ضوئية بها خواص الحفر المجسم ثلاثي الأبعاد والتلييد التلقائي من خلال أشعة الليزر، وطابعات الليزر، وطابعات الترموبلاستيك. (٧)



شكل (٤) طابعة ثلاثية الأبعاد لإنتاج أعمال خامتها البلاستيك.

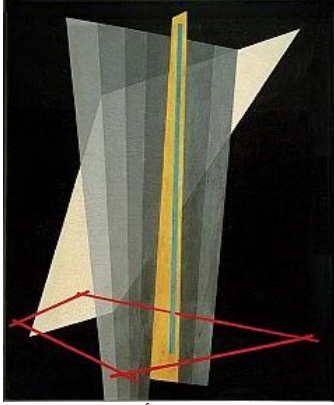
- **ماكينات التحكم الرقمي CNC:** تستوعب وحدة التحكم بالماكينة سلسلة التعليمات التي يدخلها المصمم إليها في صورة أرقام وحروف ورموز ثم تحولها إلى إشارات إلكترونية توجه المحركات الكهربائية وأدوات القطع بالماكينة نحو تنفيذ العملية المطلوبة وتنقسم أنواع ماكينات التحكم الرقمي إلى ماكينات تقطيع بواسطة الليزر CLC التي من خلالها يتم إجراء عمليات الحرق والتفريغ والقطع، وماكينات التشكيل متعدد المحاور والتي من خلالها تدور الكتلة أمام سلاح التشكيل فتجرى عمليات الحفر والتقطيع والتقب والتفريغ وتشكيل المنحنيات. (٣)

#### توظيف تقنيات الميكاترونك Mechatronics في أعمال

##### النحت بالفراغات العمرانية المفتوحة

استعان النحات المعاصر بتقنيات الميكاترونك Mechatronics وقام بتوظيفها في برمجة وإدارة الأنظمة الحركية من أجل بناء وتشكيل الأعمال النحتية الحركية والتفاعلية، وقد أضاف ذلك أبعاد أخرى للعمل النحتي وقيم جمالية وتشكيلية جديدة تنطوي على الإحساس بالفراغ وحركة العمل النحتي فيه كعنصر تشكيلي كما في أعمال الفنان فيليب ستوروات Philip Stewart شكل (٥).

العمل النحتي مكملاً تشكيليًا له. شكل (٧)، وكما في أعمال الفنان دان روسجارد Dan Roosgard التي اعتمدت على تقنيات الضوء الرقمية في ابتكار تجارب إبداعية لمنحوتات ضوئية تفاعلية. شكل (٨).



شكل (٧) تكوين K XVII من أعمال الفنان لازلو ماهولي ناجي Laszlo Moholy Nagy، ١٩٣٢م.



شكل (٨) منحوتة ضوئية تفاعلية بعنوان قبة اللوتس للفنان دان روسجارد Dan Roosgard، ٢٠١٢، وهي عبارة عن قبة من مئات الزهور الذكية الحساسة للضوء والتي تتكون من رقائق ألومنيوم خفيفة تتكشف استجابة لسلوك المتلقي. شكل (٢٧).

واستطاع النحات المعاصر توظيف التأثيرات الناتجة عن انكسار الضوء وانعكاسه في ابتكار تشكيلات فراغية تضيف أبعادًا جديدة للنحت المعاصر بحيث تكون تقنية الضوء هي ذاتها محل الإبداع وموضوعه، كما استطاع أيضًا الدمج بين الضوء والحركة المعقدة من خلال الوسائط الميكانيكية التي تعكس الظلال والأضواء على بيئة العمل فيتحول العمل النحتي إلى كيان غامض يزيد الضوء من عمق حركته. شكل (١٢) ويجدر الإشارة إلى أن تقنية الليزر الضوئية منحت أعمال النحت بالفراغات العمرانية المفتوحة العديد من التأثيرات التي استخدمها المصمم النحات في تصميم عروض فنية متكاملة تكسر حدة الفراغ العام المزدهم مثل نافورات الليزر. شكل (٩)

ومن خلال تقنيات الضوء صاغ النحات المعاصر حلولاً فكرية معاصرة تتماشى مع عصر الرقمنة والتكنولوجيا في معالجة الفراغ والمكان والزمان، فأصبحت المعالجات الفنية عملية فكرية متطورة تعتمد على فيزياء الضوء في معالجة الكتلة والفراغ والزمن وتحقق مفاهيم تنموية للنحت المعاصر تخلق رؤى جمالية عقلية للخامة والتقنية. شكل (٢٢) ولعل أبرز تطبيقات تقنيات الضوء هو الهولوجرام بأنواعه المختلفة:

- **العاكس:** الذي يستخدم في نسخ وإنتاج الأعمال الفنية التجارية.
- **الانعكاسي:** الذي يعتبر أداة ذكية لتسجيل وتوثيق الأعمال النحتية الثمينة
- **النافذ بالضوء الأبيض:** والذي يحظى بأهمية كبيرة في المجالين الفني والتجاري.
- **الليزر المتقطع:** الذي يمكنه تسجيل وتصوير المتحركات كالبشر والحيوانات والمياه المتساقطة، وقد ساعد هذا النوع الكثير من النحاتين في إنجاز أعمالهم.
- **متعدد المسارات:** الذي منح النحات مرونة كبيرة في تنفيذ أعماله وعزز قدرته على إجراء المعالجات الشكلية واللونية.
- **هولوجرام الصور المجسمة:** الذي يمكنه تحويل الصور الفوتوغرافية إلى أجسام يمكن الدوران حولها. شكل (١٥)

#### توظيف تقنيات الضوء الرقمية في أعمال النحت بالفراغات العمرانية المفتوحة

كان لتقنيات الضوء أثر كبير في تحول مفهوم الخامة في أعمال النحت المعاصر في الفراغات المعمارية العامة فظهر أسلوب النحت بالظلال والذي استخدم رواده مبدأ إعادة التدوير في عملية البناء النحتي للعمل فظهرت تكوينات تعكس مفاهيم ثرية للظلال نتجت عن سقوط الضوء على العمل بشدة ما وزاويًا مختلفة كونت شكلاً نحتية من الظل يختلف اختلافاً كلياً عن النحت المركب ذو الأبعاد الثلاثة.

وقد تستخدم تقنيات الضوء الرقمية كوسائط لعرض العمل النحتي أو كمتغيرات تدخل على أشكال التصميم لتعظم هبتها الساكنة وتحولها إلى أطياف لونية تتشكل من بقع متجاورة تتفاعل فيما بينها لتمنح هذه الأشكال كيانها المادي أو تجعل من الضوء ذاته موضوع التجربة الإبداعية للمصمم النحات. شكل (٢١) ؛ فلم يعد المتلقي يتنقل حول المنحوتة فحسب بل يمكنه المشي فيها ودخلها والاستمتاع بالأضواء والتغيرات الشكلية لها. وقد أتاحت تقنيات الضوء للمصمم التحكم في خواص العمل النحتي إما من خلال المرشحات اللونية أو تحكم الأنظمة الإلكترونية، وأضافت قيم تشكيلية مستحدثة دعمت فرص النحات المعاصر في الابتكار والتجريب من خلال توظيف أشعة الليزر في أعمال فنية تؤكد على مفهوم الكتلة الفراغية أو استخدام قوانين الانعكاس خلال العدسات والمرايا والأعمال التي تعتمد بشكل كلي على الأضواء الصناعية بتكنولوجيا رقمية كما في أعمال الفنان لازلو ماهولي ناجي Laszlo Moholy Nagy الذي اعتمد على الضوء في تصوير أعماله النحتية واعتمدت أعماله على فكرة كون الظل الساقط عن

المفتوحة كالمساحات والميادين والحدائق العامة فكانت بمثابة معالجة فعالة استطاع بها النحات المعاصر مواجهة المشكلات التي يتعرض لها في طرق النحت والاستنساخ التقليدية مثل ضياع التفاصيل أو تغيير النسب أو تشوه بعض الأجزاء بعد فك القالب، كما أصبح بإمكانه عمل نسخ طبق الأصل من النماذج الأولية المصغرة لتجاربه وبالجموم التي يريد.

وقد فرت هذه التقنية وقت وجهه النحات الذي كان يستغرق شهراً عديدة لإنجاز الأعمال النحتية ذات المقاييس الضخمة، وأصبح بإمكانه تحويل النموذج الرقمي لأي خامة تخدم رؤية المصمم وفكرة التصميم سواء كانت هذه الخامة صلدة كالرخام أو رقيقة كالزجاج والشمع، ومنحته حقلاً واسعاً يجري خلاله التجارب ويقارن فيه بين النتائج إذ يمكنه التعديل على النموذج الرقمي في أي وقت والحصول على نسخة من كل مرحلة من مراحل التعديل التي يتم الاحتفاظ بها. (١٤)

ومن خلال هذه التقنية يمكن إعادة إنتاج التماثيل التاريخية الهامة والقطع الأثرية وتزيين الفراغات العمرانية بها أو تضمينها في عروض فنية تفاعلية في المساحات العامة وهذا بلا شك سوف يثري المشهد الحضري ثقافياً ويعزز هوية المجتمع.

#### خامساً تقنيات نمذجة النحت الرقمي (برامج التصميم المتخصصة في فن النحت)

تعتبر تقنيات نمذجة النحت الرقمي بديلاً يحقق نوعاً من المرونة الفكرية قبل شروع النحات في تنفيذ العمل النحتي؛ فقد أسهمت أدوات برامج التصميم المتخصصة في جعل النحات يتصور الشكل النحتي ثلاثي الأبعاد من كل زواياه فيتحقق له الإدراك الكامل للعلاقات بين زوايا الرؤية المختلفة. وفيما يلي مجموعة من أهم برامج التصميم المتخصصة في فن النحت فقط:

- برنامج **ZBrush**: يمكن القول أن هذا البرنامج هو عملاق النحت الرقمي فهو الأكثر شعبية على الإطلاق والأكثر استخداماً بين مصممي النحت الرقمي؛ إذ يمتلك البرنامج أكثر الأدوات تطوراً في العالم، كما يمكن توصيل هذا البرنامج بأجهزة الإنتاج المختلفة مثل الطابعات ثلاثية الأبعاد 3D Printing وماكينات CNC ومن ثمّ يمكن الحصول على المنجز النحتي بالأبعاد والحجوم المطلوبة وبضغطة زر واحدة. شكل (١٠)



شكل (١٠) واجهة برنامج ZBrush



شكل (٩) نافورة قوس ضوء القمر، مدينة سيؤول، كوريا الجنوبية.

#### رابعاً تقنية الفورماتوجرافي

أتاحت تقنية الفورماتوجرافي إمكانية إعادة استنساخ المجسمات بجودة مذهلة دون الحاجة إلى قوالب وذلك خلاف عمليات استنساخ المجسمات بالطرق التقليدية المعتادة والتي كان ينتج عنها حدوث تغيرات في نسب وتفاصيل العمل النحتي خاصة بعد استنساخ أعداد كبيرة منه، وتعتمد تقنية الفورماتوجرافي على ثلاث آليات رقمية يمكن تصنيفها على النحو التالي:

- **الالتقاط**: هذه الآلية تبدأ بعمل مسح شامل للمجسم المراد استنساخه وتستغرق عملية المسح حوالي ١٢ ثانية فقط، وبعد ذلك يصبح الملف الناتج عن المسح الضوئي مشابه تماماً للمجسم الحقيقي في كافة تفاصيله الدقيقة، والجدير بالذكر أن أكشاك المسح الضوئي تتكون من أربعة عوارض غاية في الدقة تدور حول المجسم الحقيقي من جميع الزوايا لتحوّله إلى نموذج رقمي ثلاثي الأبعاد متخذاً نفس ألوان وملامس المجسم الممسوح، وتعمل هذه الآلية من خلال ماكينات تسمى ماكينات الديجيتاليزنج Digitizing التي تحول الشكل الطبيعي للمجسم الأصلي إلى شكل هندسي رقمي بواسطة ماسح ضوئي مبرمج يعمل بالليزر لضغط الملفات الكبيرة بما يتناسب مع المساحات الكبيرة التي تنقلها عملية المسح الضوئي لنموذج المجسم.
- **النمذجة**: هذه الآلية تحول المسح الضوئي لبيانات رقمية تبدأ بعدها عملية النحت الرقمي وإنشاء وتشكيل وتعديل المجسمات من خلال حزم البرمجيات التي توفر القدرة على تصميم البيانات التي نقطتها الماسح الضوئي للمجسم الأصلي المراد استنساخه.
- **الإنتاج**: هذه الآلية تعتمد على ماكينات التحكم الرقمي CNC في الحصول على نسخة طبق الأصل من المجسم المراد استنساخه دون إصابته بأي تلف أو خدوش أو تعريضه لأي خطر. (١)

#### توظيف تقنية الفورماتوجرافي في أعمال النحت بالفراغات العمرانية المفتوحة

مكنّت تقنية الفورماتوجرافي من إنتاج المجسمات النحتية ذات المقاييس الصرحية التي تتناسب مع طبيعة الفراغات العمرانية

القيام بأي شيء ممكن في عملية النحت التقليدية دون القلق بشأن الجوانب الفنية للمنتج النحتي. شكل (١٤)



شكل (١٤) واجهة برنامج 3DCoat

• برنامج **Sculptris**: يتميز هذا البرنامج بالواجهة البسيطة تمامًا فهو يقدم لكل مبتدئ تجربة نحت رقمية تتميز بالسهولة؛ حيث يبدأ النحات بجسم بسيط كالجسم الكروي مثلاً، ثم يبدأ تشكيله بواسطة الأدوات الذكية التي يوفرها له البرنامج حتى يحصل على النتيجة النهائية المرجوة، ويمكن للمصمم المزج بين الملابس المتنوعة للحصول على السطوح التي تتلاءم مع طبيعة عمله النحتي. شكل (١٥)



شكل (١٥) واجهة برنامج Sculptris

ويمكن القول أن إتقان أحد هذه البرامج يعتبر ركيزة أساسية من ركائز التجربة الإبداعية لأعمال النحت المعاصر، فبدون هذه البرامج لا تكون النمذجة الابتكارية، إذ تعتبر برامج التصميم الرقمي فاعلاً أساسياً في بناء الأشكال النحتية بما يتوافق مع رؤية النحات المعاصر وتقنيات الإنتاج التي تتطور يوماً بعد يوم وانفتاح المتلقي على التغيرات العالمية المتلاحقة في مجال التصميم.

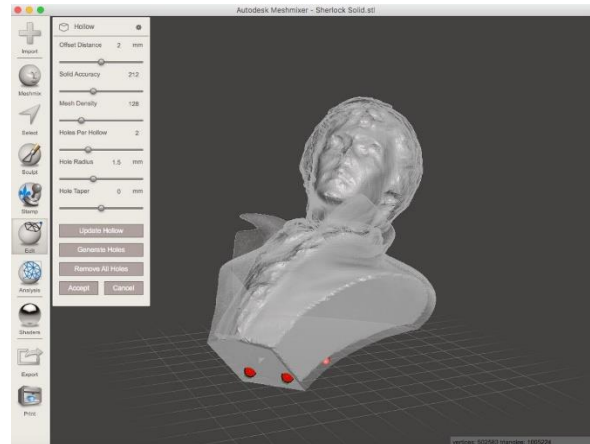
المرحلة التي تمر بها التجربة الإبداعية باستخدام التقنيات الرقمية في أعمال النحت بالفراغات العمرانية المفتوحة عادة ما تمر التجربة الإبداعية لاستخدام المصمم النحات للتقنيات الرقمية في أعمال النحت بالفراغات العمرانية المفتوحة بالمرحلة التالية:

• برنامج **MudBOX**: يتيح هذا البرنامج مجموعة من الأدوات الذكية التي تمكن المصمم النحات من هندسة وبناء مجسمات ثلاثية الأبعاد تتسم بالدقة البالغة والواقعية الشديدة في بيانات افتراضية من تصميمه، كما يوفر البرنامج مجموعة هائلة ومتنوعة من الخامات بحيث يمكن للنحات دمج أكثر من وسيط تقني في مجسم واحد. (١٨)، شكل (١١)



شكل (١١) واجهة برنامج MudBox

• برنامج **Mishmixer**: يدعم هذا البرنامج عمليات المسح الضوئي للأعمال النحتية وتحويلها إلى نماذج رقمية يمكن التعديل فيها أو الإضافة إليها ومن ثمّ يمكن إنتاجها وجعلها حقيقة فهو يدعم أيضاً التعامل مع تقنيات الإنتاج الرقمية مثل تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد. شكل (١٣)



شكل (١٣) واجهة برنامج MishMixer

• برنامج **3DCoat**: يتميز هذا البرنامج بإمكانية حفظ الملفات بشتى الصيغ التي تتكيف مع تصدير واستيراد ملفات التصميم مع مختلف برامج التصميم الأخرى هذا بالإضافة إلى إمكانية توثيق العمل النحتي بعلامة مائية تحفظ للنحات حقوقه الفكرية والإبداعية، ويستخدم هذا البرنامج على وجه التحديد في مجالات إنتاج الأعمال النحتية بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد لأنه يوفر للنحات

### سادساً تقنية الفري فورم (Free Form) (تكنولوجيا الفانتوم Fantom technology)

تعتمد تقنية الفري فورم على تكنولوجيا الفانتوم التي جعلت النحات يشعر بالكيان ثلاثي الأبعاد وبرد فعله ومكنته من مشاهدة ذلك على شاشة الحاسب الآلي كما يتخيله في ذهنه بالضبط، كما تعتمد هذه التقنية على استخدام الطينة الرقمية Digital Clay كوسيط لتصميم العمل النحتي على الحاسب الآلي؛ وهذه التقنية تعتبر أقرب التقنيات إلى الوسائط التقليدية التي اعتاد النحات التعامل معها في تشكيل وبناء أعماله النحتية.

وبسبب تقنية الفورم ظهر مفهوم جديد عن التقنيات المستخدمة في بناء الشكل النحتي ألا وهو النحت بالإحساس في الهواء؛ إذ يمكن للنحات تشكيل الكتلة بالإضافة أو الحذف في ثوان معدودة، وتعتبر اليد الموجهة Hand Navigator أحدث أدوات تلك التقنية فمن خلالها يمسك النحات بخامة تشبه الصلصال ويتابع تشكيله بواسطة الضغط المباشر عليها والإحساس بالخامة فيظهر التشكيل كما صنعه النحات على شاشة الحاسب الآلي كما لو كان ينحت باستخدام الطينة الحقيقية التقليدية. (شكـل ١٦) (١٣)



شكل (١٦) اليد الموجهة Hand Navigator أحدث أدوات تقنية الفري فورم للتشكيل بالطينة الرقمية.

### توظيف تقنية الفري فورم في أعمال النحت بالفراغات العمرائية المفتوحة

أتاحت تقنية الفري فورم إنشاء النماذج النحتية التي يتطابق نصفها في الشكل بضغطة زر واحدة من خلال تصميم نصف النموذج ثم عكسه مع إمكانية تكرار أو تكبير أو تصغير أي من أجزاء التصميم، ويعتبر هذا هو نمط التشكيل لعدد كبير من الأعمال النحتية في الفراغات العمرائية المفتوحة. كما يمكن للنحات تشكيل العمل من أكثر من اتجاه وتجريب مختلف الخامات وصولاً إلى الخامة التي تتناسب مع طراز

- **التخطيط والتصوير:** يعترض التخطيط حالة من النشاط الذهني والنفسي يستعد من خلالها المصمم النحات لبلوغ الفكرة بعد تنقيح ما لديه من توجهات فنية للرؤى الجمالية والصياغات الابتكارية والبدائل التشكيلية، أما التصور فيتم من خلاله تكوين فكرة عامة عن نتائج التجربة الإبداعية؛ وهنا يأتي دور تقنيات العالم الافتراضي التي تمنح المصمم النحات مساحة كبيرة وحيز فسيح يتسع لإجراء العديد من التجارب دون أي خسائر مادية، فهي تمكنه من الانفتاح الذهني وتشكيل وبناء أفكاره في بيئة مميزة تحاكي وتلائم طبيعة بناء الأشكال ثلاثية الأبعاد والمجسمات مما يعزز تولد الأفكار وتطورها ويدعم الجانب الابتكاري له في تلك المرحلة الهامة.
- **التطبيق:** ترتقي التجربة الإبداعية من مستوى التصور الذهني وتنقيح الأفكار وتهيئتها في مخيلة النحات إلى مستوى أكثر فاعلية وواقعية ألا وهو التطبيق، فالأفكار التي تفتقر إلى مهارات وخبرات التنفيذ متمثلة في بناء المجسمات والتعامل مع الخامات ومختلف تقنيات التشكيل تظل رؤى حبيسة في مخيلة وذهن النحات؛ لذا فإن التقنيات الرقمية تمنح النحات العديد من خيارات التنفيذ التي تدعم التجربة الإبداعية وفق طبيعة ونوع الممارسة الفنية وأسلوب التشكيل المتبع في تنفيذ العمل النحتي.
- **العرض:** اختلاف التقنية يتبعه اختلاف أسلوب العرض، فباستخدام التقنيات الرقمية من المتوقع اختفاء الكتلة والهيئات المعتادة للأعمال النحتية ذات الأساليب التشكيلية التقليدية والخامات المعهودة وعليه يصبح الفراغ العمراني العام قاعة خاصة لعرض بعض أنواع الأعمال النحتية والتي قد يتعامل معها المنتفعين بالفراغ العمراني من خلال مطالعة الشاشات الإلكترونية الذكية التي تتصل بأجهزة الحاسب الآلي أو التي قد تكون محملة بذاكرة داخلية مخزن بها كافة البيانات الرقمية والمعلومات الخاصة بالعمل النحتي الرقمي المراد عرضه في الفراغ، فإذا بدأ العرض على هذه الشاشات أصبح بإمكان المتلقي التفاعل مع العمل النحتي وتكبيره وتصغيره وتدويره لمطالعة جميع أبعاده، وسيتمتع أسلوب العرض على أسلوب بناء العمل النحتي وتشكيله والذي بدوره يعتمد على توظيف التقنيات الرقمية في صياغته الجمالية والوظيفية. (٩)

وترى الباحثة أنه في حال تم توظيف التقنيات الرقمية في أعمال النحت بالفراغات العمرائية المفتوحة فسنرى تأثيرات هائلة على المفاهيم الفكرية والثقافية تنعكس على سلوكيات المنتفعين بالفراغات العامة وتظهر في التفاعل حركياً أو الياً، وسيتحول المشهد الحضري إلى مشهد حضاري يستهدف استجابة الوعي الجمعي لفكر ورؤية المصمم النحات ورسائله التي يريد إيصالها للمجتمع من خلال أعماله، وبذلك تتحول التجربة الإبداعية للمصمم النحات إلى تجربة إبداعية جماعية ومجتمعية.



- نظرية العقل Theory of mind: ذكاء اصطناعي أكثر تطوراً من ذكاء الذاكرة المحدودة ويمكنه تمييز المعتقدات والرغبات والنوايا والعواطف والمعارف للآخرين.
- الوعي الذاتي Self Awareness: ذكاء اصطناعي يتجاوز كل الذكاءات الاصطناعية السابقة فهو لديه المقدرة على تكوين تمثيلات عن نفسه وبالتالي فهو يمتلك الوعي، وهذا النوع من الذكاء لا يزال تحت البحث والتطوير. (١٠).

#### وفيما يلي عرض لمجموعة من أشهر منصات التصميم النحتي باستخدام الذكاء الاصطناعي:

- ChatGPT: البرمجية المستخدمة في هذه المنصة ذكية ومدربة بحيث يمكن لبوت الذكاء الاصطناعي فهم مغزى الكلام والتعلم من رد فعل الإنسان وتحليل تعليقاته، كما لديه المقدرة على إجراء المحادثات مع المصمم بسلاسة وعمق للوصول لأفضل النتائج، والمثير في الأمر أن هذا البوت مطور للغاية بحيث يمكنه الاعتراف بالأخطاء ورفض طلبات المصمم في بعض الأحيان إن رأى أنها غير ملائمة.
- MidJourney: تعتبر من أشهر منصات التصميم باستخدام الذكاء الاصطناعي؛ فمن خلال هذه المنصة يمكن الحصول على تصميمات ثلاثية الأبعاد، حيث يقوم المصمم بكتابة أفكاره عن التصميم في الشات التابع لأحد بوتات مجتمع MidJourney ثم يوضع طلب المصمم قيد الانتظار ريثما يقوم روبوت الذكاء الاصطناعي بتحليل المدخلات ثم يبدأ بعد ذلك في تنفيذ مشروع المصمم.
- DALL-E 2: تتسم التصميمات التي ينجزها روبوت DALL-E بالدقة والواقعية الشديدة، لذلك تعتبر هذه المنصة أحد الخيارات المفضلة لدى المصممين المعاصرين؛ حيث يمكنهم تصميم المنتجات وإنتاج العديد من الأفكار وإضافة التفاصيل التي تصقل مشاريعهم من خلال الأدوات التي توفرها هذه المنصة مثل فرشاة الرسم الخاصة التي تمكن المصمم من إضفاء الظلال حسب الرغبة.
- NightCafe: تتيح هذه المنصة للمصممين حق امتلاك التصميمات وتحقيق الأرباح من خلال بيعها على المنصة أو خارجها، وتساعد هذه المنصة المصممين على تحويل التصميمات إلى فنون رقمية موثوقة، كما تدعم هذه المنصة تنظيم التصميمات في معارض، وتتميز هذه المنصة بدمج جميع خوارزميات وتقنيات التصميم بالذكاء الاصطناعي في منصة واحدة.
- Deep Dream Generator: تختلف طريقة عمل هذه المنصة قليلاً؛ فالعمل عليها لا يعتمد على النصوص التي تحمل أفكار المصمم فقط كمدخلات بل تدعم المنصة إمكانية تحميل صورة ما لتصميم وتوليد نسخ عديدة منه؛ إذ تمتلك المنصة أداء تعتمد على شبكة عصبية مدربة لتوليد ملايين الصور وإضافة المؤثرات والأنماط المختلفة

- الفراغ العمراني أو طبيعته الحضريّة، وقد ساعدت تقنية الفري فورم على الحصول على الكثير من الأعمال المعاصرة ذات البنية والتشكيلات المعقدة التي يصعب تنفيذها بالطرق التقليدية حيث تتلاءم هذه التقنية مع طبيعة الإنتاج الرقمي للأعمال النحتية. شكل (١٧)



شكل (١٧) تشكيل معقد لعمل نحتي تم تصميمه رقمياً بتقنية الفري فورم ثم تنفيذه بخامة المعدن من خلال الطباعة ثلاثية الأبعاد.

#### سابعاً تقنيات الذكاء الاصطناعي Artificial intelligence

- تقنيات الذكاء الاصطناعي Artificial intelligence هي مجموعة من التقنيات القادرة على التعلم واستعمال المنطق والتكيف وأداء المهام بطرق تحاكي طرق العقل البشري، وتستهدف تقنيات الذكاء الاصطناعي محاولات جعل الآلة تكتسب صفة الذكاء وتقدر على القيام بأشياء لم تزل حتى وقت قريب حصرًا على الإنسان مثل التفكير والإبداع والتعلم والتخاطب، وتستطيع تقديم حلول للمشاكل المعقدة وتقدر على اتخاذ القرارات في مختلف المواقف. (٥)
- ويمكن إدراج تقنيات الذكاء الاصطناعي تحت تصنيف تقنيات الميكاترونيك السابق ذكره كونها مزيجاً فريداً يجمع بين الميكانيكا والفيزياء والرياضيات ويتم التحكم بها من خلال الأنظمة الإلكترونية وعلوم الحاسب الآلي.
- ويمكن تصنيف تقنيات الذكاء الاصطناعي تبعاً للقدرة على النحو التالي:

- الذكاء الاصطناعي المحدود أو الضيق: ذكاء يقوم بمهام محددة وواضحة وفق البيانات والمدخلات التي يتلقاها.
- الذكاء الاصطناعي العام: ذكاء قادر على التعامل مع المتغيرات والمستجدات بامتلاكه القدرة على التفكير والتخطيط من تلقاء نفسه بطريقة تشبه التفكير البشري.
- كما يمكن تصنيف تقنيات الذكاء الاصطناعي تبعاً للوظيفة على النحو التالي علمًا بأن كل نوع يعتمد على مدى تعقيد النوع السابق له:

- الآلات التفاعلية Reactive Machines: ذكاء اصطناعي تفاعلي يعمل بناءً على تقييمه للوضع الحالي ولكنه ليس لديه القدرة على تخزين الذكريات والمعلومات والبيانات للاستفادة منها في المستقبل.
- الذاكرة المحدودة Limited Memory: ذكاء اصطناعي يمكنه تذكر التجارب والخبرات السابقة على أنها تمثيلات مبرمجة مسبقاً لبيئتها ودمج الذكريات الناتجة عن هذه التجارب والخبرات في القرارات المستقبلية.

- التقاء الموهبة الذهنية للنحات المعاصر بالتقنيات الرقمية نتج عنه أعمالاً نحتية معاصرة متعددة الوسائط تحمل جل معاني الإبداع.
- من المتوقع أن تتحول الفراغات العمرانية المفتوحة بفضل توظيف التقنيات الرقمية في الأعمال النحتية المعاصرة إلى قاعات عرض يكون للعمل النحتي التفاعلي فيها عنصر السيادة.

#### مراجع البحث

#### المراجع العربية:

١. أمينة هارون محمد التارقي. (٢٠٢١)، رؤية نحتية معاصرة للاستفادة من التراث الليبي في صياغة جمالية للنحت الميداني في ليبيا، رسالة دكتوراه، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان، ص ١٠٣، ص ١٠٤.
٢. بيل جيتس، (١٩٩٨) المعلوماتية بعد الإنترنت، ترجمة: عبد السلام رضوان، سلسلة عالم المعرفة، الكويت، العدد ٤٦٢، ص ٣٩.
٣. تامر مجدي قنحي وآخرون. (يناير ٢٠١٦)، النحتية الرقمية كنموذج لتشكيل المشغولة الخشبية لمواكبة التطور التكنولوجي، مجلة بحوث في التربية النوعية، كلية التربية جامعة القاهرة، ع ٢٧، ص ١١١، ص ١١٨، ص ١٢٤.
٤. توماس مونرو. (١٩٧٢)، التطور في الفنون، ترجمة عبد العزيز جاويش وآخرون، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ص ٦١.
٥. خديجة محمد درار. (سبتمبر ٢٠١٩)، أخلاقيات الذكاء الاصطناعي والروبوت: دراسة تحليلية، المجلة الدولية لعلوم المكتبات والمعلومات، الجمعية المصرية للمكتبات والمعلومات والأرشيف، ع ٦، ص ٣٤، ص ٢٤١، ص ٢٤٢.
٦. دعاء جمال محمد السعيد. (٢٠١٩)، النحت بين الواقع الافتراضي وفلسفة النحات المعاصر، رسالة دكتوراه، كلية الفنون التطبيقية، جامعة دمياط، ص ١٥٢، ص ١٥٣.
٧. علي حمود تويج وآخرون. (يناير ٢٠٢٠)، أثر استخدام طباعة ثلاثية الأبعاد في تنفيذ تصاميم النحت الفخاري، مجلة لارك للفلسفة واللسانيات والعلوم الاجتماعية، كلية التربية، جامعة الكوفة، العراق، ع ٣٦، ص ٩٣.
٨. غادة محمد السيد شطا. (يناير ٢٠١٨)، أثر تقنيات الضوء على فن النحت المعاصر، مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية، الجمعية العربية للحضارة والفنون الإسلامية، ع ٩٤، ص ١٠ إلى ص ١٢.
٩. فريد محمود فريد محود زايد. (ديسمبر ٢٠٢١)، تقنيات الواقع الافتراضي كمدخل لتعليم فن النحت، مجلة بحوث في التربية الفنية والفنون، كلية التربية الفنية جامعة حلوان، ع ٢٢، ص ٣٤، ص ٦، ص ٧.
١٠. مجولين السيد حسانين. (أكتوبر ٢٠٢٠)، عملية التصميم الصناعي في ضوء الذكاء الاصطناعي، مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية- عدد خاص ٦٣١، ص ٦٣٢.
١١. محمد جلال شحاته. (١٩٩١)، القيم الجمالية في فن النحت الحديث، رسالة ماجستير، كلية الفنون الجميلة، جامعة حلوان، ص ٦٢.

للحصول على تصميم جديد كما يمكن جعل هذا التصميم يتوافق مع أماكن محددة أو فترات زمنية معينة.

- **StableCog**: على الرغم من افتقار هذه المنصة لبعض الأدوات الأساسية إلا أنها تعتبر واحدة من أفضل منصات التصميم بالذكاء الاصطناعي، فهي تتميز بسهولة الاستخدام والتطور المستمر وتتيح للمصمم إمكانية تقليد الأعمال الفنية الشهيرة.

#### توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في أعمال النحت بالفراغات العمرانية المفتوحة

مما ينبغي ذكره أن الذكاء الاصطناعي بإمكانه إنتاج أعمال نحتية بأسلوب النحاتين القدامى أو حتى رواد النحت المعاصر الذين قد ماتوا بالفعل وكأن النحات نفسه هو الذي قام بنحتها، والذي يحدث في هذه الحالة هو أن الذكاء الاصطناعي يقوم بجمع البيانات ويدرس أسلوب النحات فيكتشف الأنماط التي ينحت بها وطريقة معالجته لمفاهيم الكتلة والفراغ والظل والنور وغير ذلك من التفاصيل ثم يقوم بإنشاء خوارزميات تُعلم الآلة كيفية إنتاج أعمال نحتية جديدة بأسلوب هذا النحات. وترى الباحثة أن تقنيات الذكاء الاصطناعي من الممكن أن تتسبب إما في تمكين الطاقات الذهنية للنحاتين أو تقييدها، وأنه في حال زاد اعتماد النحات عليها؛ فبلا شك سوف تتأثر قدرته الإبداعية وقدرته الفكرية على تقصي أفكار التصميم من مصادر الاستلهام المتنوعة وسيتحول من فنان إلى مبرمج، وستتحول التجربة الإبداعية تبعاً من عملية اتصالية بين فكر المصمم النحات ووعي المتلقي إلى رؤية انفعالية مندهشة بأشكال صنعتها التقنية ربما تؤدي في نهاية الأمر لفقدان المتلقي لذائقته فلا يعود يفرق بين القيم والردىء باعتبار أن كل ما ينتجه الذكاء الاصطناعي عبثياً.

#### نتائج البحث:

- توظيف التقنيات الرقمية بالأعمال النحتية في الفراغات العمرانية المفتوحة يكون إما من خلال تجارب النحت الافتراضي في البيئات العمرانية الافتراضية، أو من خلال التصميمات ثلاثية الأبعاد التي تمت نمذجتها مسبقاً بأحد برامج التصميم ثم أنتجت بالتقنيات الرقمية مثل الطباعة ثلاثية الأبعاد أو ماكينات cnc، أو من خلال استخدامها كوسيط تشكيلي أو تعبير في بنية العمل.
- التقنيات الرقمية أدخلت مفاهيم جديدة أثرت فن النحت بالفراغات العمرانية المفتوحة مثل النحت الحركي والنحت التفاعلي.
- أضافت التقنيات الرقمية أبعاداً تشكيلية جديدة للأعمال النحتية بالفراغات العمرانية المفتوحة يظهر فيها بوضوح تفاعل الفكر والخيال مع خامة التنفيذ.
- التقنيات الرقمية ساعدت النحات المعاصر على إيجاد حلول ومعالجات للأعمال النحتية بالفراغات العمرانية يظهر فيها انطلاق الفكر ومواكبة العصر وتنوع التجارب الإبداعية.

24. <https://www.3dnperspectives.com/post/cha-d-knight-digital-art>  
 25. <https://me.engin.umich.edu/news-events/news/kinetic-sculpture-installed/>  
 26. <https://graphics-pro.com/feature/feature-projec>  
 27. <https://www.archdaily.com/283200/lotus-dome-studio-roosegaarde/lotus>

١٢. منال مساعد فواز. (يناير ٢٠١٣)، تكنولوجيا الضوء الحديثة كعنصر تشكيلي في العمل النحتي لتحقيق رؤية جمالية، مجلة بحوث في التربية النوعية، كلية التربية النوعية، جامعة القاهرة، ٢١٤، ص ٩٣.  
 ١٣. منال هلال أيوب. (٢٠١٢)، الطينة الرقمية كوسيط إبداعي في عالم النحت الافتراضي، المؤتمر الدولي الثاني لكلية الفنون التطبيقية، التصميم بين الابتكارية والاستدامة، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان ص ٤، ص ٥.  
 ١٤. منال هلال أيوب. (يناير ٢٠١٨)، الفورمتوجرافي الاستنساخ بلا قوالب في عالم النحت الرقمي ودوره في حل معوقات النحت التقليدي، مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية، ٩٤، ص ١٠ و ص ١٤.  
 ١٥. هبة عبد المهيم محمد عوض. (يناير ٢٠١٧)، تقنية التصوير التجسيمي الهولوجرام و الفنون المرئية، مجلة العلوم و الفنون التطبيقية، كلية الفنون التطبيقية، جامعة دمياط، م ٤، ع ١٤.

#### المراجع الأجنبية:

16. De Silva, C. W. (2004). Mechatronics: an integrated approach. CRC press, p:1  
 17. Matjaz miheli & Domen Novak & samo Begus,(2014), intelligent systems m control and automotion :scienceand engineering , virtual Reality technology and application , Springer science, pp9-10.  
 18. Mike de la flor & Bridgette Mongeon,(2010), Digital Sculpting with mudbox, Focall press ,U.S.A ,,p:3.  
 19. Stella sylaïou and others,(2009) ,virtual museums- a survey and some issues for consideration , Journal of cultural Heritage, p4.  
 20. Sung-A Jang & others ,(2014), AiRSculpt: A Wearable Augmented Reality 3D Sculpting System ,Conference paper , International Conference on Distributed, Ambient, and Pervasive Interactions, pp 130-141  
 21. Tim Anderson ,(1994), The Virtual Reality , book Case , New York , p:35  
 22. William Vaughan.(1998), Computer and History of art, book shop abd trade c.d, UK,1998,p:57

#### الانترنت: (الصور)

23. <https://www.ignant.com/2018/09/24/contorting-sculptures-inpublic-spaces>