النحت التكيفي كمدخل لابتكارات فنية مستدامة لمواجهة التحديات البيئية

Adaptive Sculpture as an Approach to Sustainable Artistic Innovations for Addressing Environmental Challenges

د/ غادة محمد السيد محمد شطا

مدرس بقسم النحت والتشكيل المعماري والترميم - كلية الفنون التطبيقية - جامعة دمياط – مصر

Dr.ghadashatta@gmail.com

ملخص البحث: Abstract

في العصر الحديث يتزايد الوعي بأهمية البيئة واستدامتها، مما يؤدي إلى تطور مفاهيم فنية جديدة ترتكز على التفاعل بين الفن والبيئة، ويساهم هذا التفاعل في تعزيز الوعي البيئي، وتحسين التجارب الفنية، ودعم الأبحاث البيئية بطرق مبتكرة. ويعد فن النحت حلقة مهمة جداً في التنمية الحضرية وجزءاً مهماً من الفن البيئي فمن خلال دمج العناصر البيئية في النحت يمكن للفنانين لفت الانتباه إلى القضايا البيئية المُلحة مثل التغير المناخي، التلوث، واستدامة الموارد الطبيعية، لذلك من المهم تعزيز العلاقة بين المنحوتات والبيئة المحيطة بها، وكجزء من تطور الفن السائد يحاول هذا الشكل الإبداعي كسر الفجوة التاريخية بين الحياة والفن، فهناك علاقة حتمية بين النحت الفني العام وبيئة الفضاء، لذلك يجب أن يكون النحت منسقاً هيكلياً مع البيئة المحيطة به، حيث يمكن للفنانين استخدام المواد والتقنيات الحديثة لإنشاء منحوتات قابلة للتكيف مع البيئة المحيطة بها، فالنحت التكيفي هو اتجاه حديث يدمج الفن مع العلم والتكنولوجيا لإنشاء أعمال تتفاعل وتتكيف مع محيطها البيئي، ومن هنا جاءت مشكلة البحث:

1- كيفية تأثير النحت التكيفي على الوعي البيئي والثقافة المجتمعية؟
2- كيف يتفاعل الجمهور مع النحت التكيفي وما هو تأثيره على سلوكهم البيئي؟
3- ما هي التحديات التقنية الرئيسية في تصميم وتنفيذ النحت التكيفي وكيف يمكن التغلب عليها؟

كلمات دالة: Keywords

النحت التكيفي Adaptive sculpture، النحت البيئي Environmental sculpture، النحت التفاعلي Interactive sculpture

Paper received June 26, 2024, Accepted August 20, 2024, Published on line Novebmer 1, 2024

المقدمة: Introduction

في ظل التحديات البيئية المتزايدة التي يواجهها العالم اليوم، تبرز أهمية الفنون كوسيلة للتوعية والتفاعل مع هذه القضايا، حيث شهدت الفنون المعاصرة تحولاً كبيراً في الأساليب والمفاهيم، فأصبح التفاعل بين الفن والبيئة جزءاً لا يتجزأ من الأعمال الفنية، وفن النحت بوجه خاص اتخذ مسارات جديدة تتجاوز الحدود التقليدية، ليصبح وسيلة فعالة لتعزيز الوعي البيئي والتفاعل مع المحيط الخارجي. في العصر الحديث يسعى فنانو النحت إلى تجاوز الجماليات البصرية لخلق أعمال تفاعلية تتجاوب مع البيئة المحيطة، ويعد النحت التكيفي توجهاً جديداً في فن النحت يجمع بين الابتكار التكنولوجي والوعي البيئي، هذا النوع من النحت الذي يستخدم تقنيات ذكية ومستشعرات للتفاعل مع التغيرات البيئية لتحقيق تفاعل ديناميكي ومستمر بين العمل الفني وعناصر الطبيعة، مما يجعله أداة فعالة للتوعية والتثقيف حول القضايا البيئية، كما يعكس هذا النحت قدرة الفن على التكيف مع التغيرات المناخية والتكنولوجية، ويعزز من فهم الجمهور لأهمية الاستدامة والتفاعل مع البيئة، مما يتيح للجمهور تجربة حسية فريدة، ويتم تحقيق ذلك من خلال استخدام التفاعل مع العناصر البيئية مثل الضوء، والهواء، والماء، وغيرها.

فهو يختلف من حيث المضمون عن المنحوتات البيئية السابقة التي ركزت على الموضوع والنصب التذكاري، حيث أنه يقوم بتصور وتصميم لخلق مساحة تتفاعل مع الجمهور والبيئة، استناداً إلى خيال الفنان والعوامل البيئية المختلفة، فهو يمنح الجمهور المتلقي مشاعر بصرية وتجارب نفسية مختلفة، لذلك يتعين على المصممين الاهتمام بالتفاعل بين النحت والبيئة الطبيعية، حيث يمكنها أن تضفي حيوية فنية دائمة على الأعمال النحتية، وتحديداً عند اتخاذ خصائص البيئة الطبيعية كنقطة انطلاق وإثراء جوهر المنحوتات ودلالتها باستخدام العناصر ذات الصلة في البيئة.

مشكلة البحث: Statement of the Problem

تكمن مشكلة البحث في الإجابة عن الأسئلة الآتية:

1- كيفية تأثير النحت التكيفي على الوعي البيئي والثقافة المجتمعية؟
2- كيف يتفاعل الجمهور مع النحت التكيفي وما هو تأثيره على سلوكهم البيئي؟
3- ما هي التحديات التقنية الرئيسية في تصميم وتنفيذ النحت التكيفي وكيف يمكن التغلب عليها؟

أهداف البحث: Research Objectives

1- إلقاء الضوء على فن النحت التكيفي كأداة فعالة للتوعية البيئية والتعليمية بين الجمهور وتحفيزهم على تبني ممارسات صديقة للبيئة.
2- إبراز دور النحت التكيفي في المساهمة في تطوير استراتيجيات مستدامة لمواجهة التحديات البيئية المعاصرة.
3- دراسة التأثير البيئي والإيجابي لأعمال النحت التكيفي على المحيط البيئي.

أهمية البحث: Research Significance

1- التأكيد على دور فن النحت التكيفي في تعزيز الابتكار في الفنون باستخدام التكنولوجيا المتقدمة والمواد الذكية.
2- زيادة الوعي الاجتماعي حول القضايا البيئية، مما يعزز من دور الفن في المجتمع.
3- إلقاء الضوء على استخدام النحت التكيفي كأداة لتقديم مفاهيم علمية وفنية بشكل مبتكر لتطوير استراتيجيات فعالة لاستخدام الفن كأداة تعليمية وتوعوية.

فروض البحث: Research Hypothesis

1- يمكن للنحت التكيفي أن يعزز الوعي البيئي بين الجمهور من خلال تجارب تفاعلية ومحفزة.
2- يمكن أن يساهم النحت التكيفي في تعزيز الابتكار الفني من خلال تقديم تجارب جديدة ومبتكرة تجمع بين الفن والتكنولوجيا.

منهج البحث: Research Methodology

1- **المنهج الوصفي التحليلي:** والذي يتمثل في توضيح مفهوم النحت التكيفي، والمواد والتقنيات المستخدمة، ووصف وتحليل الأعمال النحتية القابلة للتكيف مع البيئة المحيطة بها.

2- **المنهج التجريبي:** المتمثل في الجانب التطبيقي من البحث.

الإطار النظري: Theoretical Framework

أولاً: فن النحت التكيفي:

أ- مفهوم فن النحت التكيفي:

المقصود بفن النحت التكيفي هو القابل للتكيف والتفاعل بشكل ديناميكي ومستدام مع البيئة المحيطة به، يستخدم هذا النوع من النحت تقنيات ومواد ذكية تسمح له بالاستجابة للتغيرات البيئية مثل الضوء، الحرارة، الرطوبة، والرياح. هذا التفاعل يمكن أن يكون من خلال حركة أجزاء من النحت أو تغيير مظهره بالكامل، مما يجعله يندمج بشكل متكامل مع محيطه الطبيعي أو الحضري. ويعتمد المصمم في النحت التكيفي على خصائص البيئة المحيطة به كنقطة انطلاق لإثراء جوهر الأعمال النحتية ودلالاتها باستخدام العناصر ذات الصلة في البيئة، مما يضفي حيوية دائمة على الأعمال النحتية. ويهدف هذا الفن إلى خلق تفاعل ديناميكي بين المنحوتة والبيئة لتعزيز الوعي البيئي والتفاعل مع الجمهور، وتقديم تجربة فنية متغيرة وحيوية حيث يقدم للجمهور مشاعر بصرية وتجارب نفسية مختلفة. (Grande, 2003, p57)

ب- نشأة وتطور فن النحت التكيفي:

فن النحت القابل للتكيف مع البيئة هو تطور حديث في مجال الفنون التشكيلية، يجمع بين الجماليات الفنية والتكنولوجيا الحديثة لاستجابة الأعمال الفنية للتغيرات البيئية المحيطة. هذا النوع من النحت ينتمي إلى حركة أكبر في الفن المعاصر تعرف بالفن التفاعلي والفن البيئي، والتي بدأت في التطور بشكل ملحوظ في النصف الثاني من القرن العشرين.(Brown, 2014, p102)

حيث بدأت فكرة النحت القابل للتكيف مع البيئة في الظهور خلال الستينيات والسبعينيات من القرن الماضي، حيث كان الفنانون يتجهون نحو استخدام الطبيعة كموضوع ووسيلة للفن، ومن أحد الرواد في هذا المجال الفنان الأمريكي روبرت سميثسون Robert "Smithson، المعروف بأعماله الضخمة مثل العمل النحتي"Spiral Jetty"، الذي اعتمد على البيئة الطبيعية كجزء أساسي من عمله. (Buskirk, 2005, p94:96) شكل (1)

شكل (1) يوضح العمل النحتي Spiral Jetty - للفنان Robert Smithson - بحيرة سولت الكبرى - ولاية يوتا - الولايات المتحدة الأمريكية - 1970م (Buskirk, 2005, p95)

(يهدف هذا العمل إلى التفاعل مع الظروف المتغيرة للمياه والأرض والغلاف الجوي المحيط به)

وفي الثمانينات والتسعينات من القرن الماضي، شهدت هذه الفترة اهتماماً متزايداً بالاستدامة والبيئة، مما أدى إلى دمج الأفكار البيئية في الفن بشكل أكبر، حيث أصبح الفنانون يستخدمون مواد مستدامة ويبحثون عن طرق للتفاعل مع البيئة بشكل ديناميكي، ومن أشهر فناني هذا الاتجاه الفنان أندي جولدسورثي " Andy Goldsworthy"، حيث استخدم المواد الطبيعية لإنشاء منحوتات تتفاعل مع العناصر البيئية كالرياح والماء والشمس، ويقول جولدسورثي عن أعماله "إن الطبيعة في حالة تغير، وهذا التغيير هو مفتاح الفهم، أريد أن يكون فني حساساً ومنتبهاً للتغيرات في المواد والموسم والطقس. كل عمل ينمو، يبقى، يضمحل، إن الزوال في عملي يعكس ما أجده في الطبيعة". (Goldsworthy, 2015, p112:115) شكل (2)

شكل (2) يوضح نماذج من أعمال الفنان Andy Goldsworthy (Goldsworthy, 2015, p114)

ومع تطور التكنولوجيا، بدأت الأعمال الفنية في الاستفادة من التقنيات الحديثة مثل المستشعرات والأنظمة الكهروميكانيكية الدقيقة (MEMS)، حيث أصبح بالإمكان تصميم منحوتات تستجيب للتغيرات في الضوء، الحرارة، والرطوبة، مما جعل الأعمال الفنية أكثر تفاعلاً وديناميكية، وأصبح استخدام المواد الذكية (Smart Materials)شائعاً في النحت القابل للتكيف مع البيئة التي تغير لونها استجابةً للحرارة أو الضوء، كما تضيف بُعداً جديداً للأعمال الفنية. (Brown, 2014, p110)

ج- الفروق بين الفنون البيئية التفاعلية:

تلعب أنواع النحت المختلفة دوراً حيوياً في التأثير على الثقافة والمجتمع من خلال تعزيز الوعي البيئي، إشراك الجمهور، وتعزيز التكنولوجيا والابتكار. وفي الجدول التالي مقارنة بين أشكال النحت البيئي التفاعلي المتمثلة في: النحت البيئي – النحت التفاعلي – النحت التكيفي.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

وجه المقارنة	النحت البيئي Environmental Sculpture	النحت التفاعلي Interactive Sculpture	النحت التكيفي Adaptive Sculpture
المفهوم	هو فن يتفاعل أو يستجيب للبيئة الطبيعية المحيطة به بشكل ثابت عن طريق استخدام عناصر طبيعية ومواد مستدامة لخلق أعمال فنية تتكامل مع البيئة المحيطة دون تغييرات ديناميكية.	هو النحت الذي يتفاعل مباشرة مع الجمهور من خلال استجابة العمل الفني للمدخلات البشرية مثل الحركة، اللمس، الصوت، والإشارات البصرية.	هو فن النحت الذي يتغير شكله أو خصائصه استجابةً للتغيرات البيئية المحيطة به مثل الحرارة، الرطوبة، الضوء، والرياح عن طريق استخدام مواد وتقنيات ذكية تتيح التفاعل الديناميكي مع المحيط.
الأهداف	- رفع الوعي البيئي. - تعزيز العلاقة بين الإنسان والطبيعة. - استخدام المواد الطبيعية والمتاحة محلياً لتعزيز الاستدامة.	- يهدف إلى إشراك الجمهور بفعالية. - خلق الفن لتجربة ديناميكية تفاعلية. - تعزيز التواصل بين العمل الفني والمشاهدين.	- التكيف مع التغيرات البيئية. - تعزيز الادراك بالتغيرات البيئية المحيطة. - تعزيز الاستدامة والتكنولوجيا في فن النحت.
المواد المستخدمة	- المواد الطبيعية: الحجر، الخشب، الطين، والنباتات. - المواد المعاد تدويرها: المعادن، الزجاج، البلاستيك.	غالبًا ما تتضمن عناصر إلكترونية مثل: LED، شاشات العرض، مكبرات الصوت. أجهزة استشعار.	- مواد ذكية. - مستشعرات بيئية.
التقنيات	- تقنيات تقليدية بسيطة. - التجميع، وإعادة التدوير	تقنيات تفاعلية مثل: - أجهزة الاستشعار. - الإلكترونيات. - البرمجيات. - الشبكات اللاسلكية.	تقنيات متقدمة مثل: - الاستشعار البيئي. - الروبوتات المتكيفة. - الأنظمة الكهروميكانيكية الدقيقة.
التفاعل مع البيئة	- يتكامل مع الطبيعة ويعزز وجودها. - لا يتطلب تفاعل مباشر أو مستمر من الجمهور بعد إكماله.	- يتفاعل بشكل مباشر وسريع مع الجمهور والمحيط عبر استجابات تفاعلية.	- يتغير بناءً على الظروف البيئية مثل الحرارة، الضوء، الرطوبة، وغيرها.
التفاعل مع الجمهور	- محدود التفاعل غالباً ما يركز على الرسائل البيئية وعادة ما تكون التجربة ثابتة ومستدامة، حيث تندمج المنحوتات مع البيئة الطبيعية وتبقى على حالها. - يركز على الاندماج الكامل مع الطبيعة، مما يعزز الشعور بالتوازن والتناغم مع البيئة. - يشجع المشاهدين على التأمل في الجمال الطبيعي والأهمية البيئية للمحيط.	- يعتمد على تفاعل الجمهور الفعلي مع المنحوتة، مما يجعلهم جزءاً من التجربة الفنية. - تختلف التجربة بناءً على تفاعل الفرد مع العمل الفني، مما يوفر تجربة فريدة لكل مشارك.	- تفاعل غير مباشر من خلال التغيرات البيئية التي يلاحظها الجمهور. - يعزز من إدراك الجمهور بالتغييرات البيئية المحيطة.
القدرة على مواجهة التحديات التكنولوجية	محدودة، تعتمد على الابتكار في استخدام المواد الطبيعية.	عالية، تعتمد على التكنولوجيا الحديثة والابتكار.	عالية جدًا، تستخدم تقنيات ذكية للتكيف مع التغيرات البيئية.
التطبيقات	- المحميات الطبيعية :يعزز الاستدامة والاندماج مع الطبيعة. - المساحات العامة :يضيف جمالاً ويشجع التأمل البيئي. - البرامج المجتمعية :يستخدم لإعادة التدوير وتعزيز الوعي البيئي بين الجمهور.	- الأماكن العامة :توفر تجارب تفاعلية مثل المنتزهات والميادين. - الأحداث والمعارض :جذب الزوار من خلال التفاعل المباشر. - المتاحف والمعارض الفنية : تفاعل الزوار مع الأعمال الفنية بطرق متعددة.	- المدن الذكية :تستخدم في الحدائق والمباني لتوفير تجارب تفاعلية تعزز الوعي البيئي. - المساحات التعليمية :تطبيقات تعليمية تظهر كيفية استجابة المواد الذكية للتغيرات البيئية . - المعارض والمتاحف :تجذب الزوار من خلال التفاعل الديناميكي مع العوامل البيئية.

جدول (1) يوضح الفروق بين النحت البيئي – النحت التفاعلي – النحت التكيفي (Petry, 2020, p60:65)

ثانياً:دورالنحت التكيفيفيالثقافة المعاصرة وتأثيره على المجتمع:

أ- أهمية التفاعل بين فن النحت والبيئة في العصر الحديث:

النحت البيئي هو شكل من أشكال الفن الذي يركز على العلاقة بين البشر ومحيطهم الطبيعي، هذا النوع من الفن ظهر في الستينيات كرد فعل للمخاوف المتزايدة بشأن التدهور البيئي، حيث يستخدم الفنانون البيئيون المواد الطبيعية وأحياناً البيئة نفسها كلوحة فنية لإنشاء تركيبات أو منحوتات أو عروض مثيرة للتفكير تدفع المشاهدين إلى إعادة تقييم علاقتهم بالطبيعة، حيث يسعى الفن غالباً إلى رفع مستوى الوعي حول القضايا البيئية والاتجاه نحو التغيير. (Brady, 2019, p145)

لقد تطور فن النحت البيئي بشكل ملحوظ مع مرور الوقت حيث استجاب الفنانون للتغيرات في العالم الطبيعي وفي المجتمع ككل، في بداياته اهتم الفن البيئي في المقام الأول بإبراز التأثير المدمر للنشاط البشري على البيئة، حيث سعى الفنانون إلى لفت الانتباه إلى قضايا مثل التلوث وإزالة الغابات وانقراض الأنواع من خلال التركيبات والمنحوتات والعروض التي غالباً ما كانت تصادمية بطبيعتها.

ومع اكتساب الحركة البيئية زخماً، بدأ فن النحت البيئي يتخذ طابعاً أكثر إيجابية، حيث بدأ الفنانون في التركيز على جمال البيئة المحيطة، مستخدمين أعمالهم لتشجيع الناس على التواصل مع الطبيعة وتقدير قيمتها، فأدى ذلك إلى ظهور نوع جديد من النحت البيئي الذي سعى إلى خلق أعمال فنية تستطيع التكيف مع البيئة المحيطة. (Duempelmann, 2019, p121)

في السنوات الأخيرة، كان هناك وعي عالمي متزايد بتأثير تغير المناخ والتدهور البيئي، ونتيجة لذلك زاد الاهتمام بالقضايا البيئية والرغبة في اتخاذ الإجراءات اللازمة لمعالجتها، حيث يلجأ العديد من الأشخاص إلى الفن كوسيلة للتعامل مع هذه القضايا وزيادة الوعي بها، فيقدم فن النحت القابل للتكيف مع البيئة المحيطة طريقة فريدة وقوية للتواصل مع الناس على المستوى العاطفي وحثهم على إعادة النظر في علاقتهم بالبيئة المحيطة، ولقد أصبح فن النحت التكيفي شائعاً اليوم لأنه يوفر منصة للفنانين للتعبير عن مخاوفهم بشأن البيئة وإلهام الآخرين لاتخاذ الإجراءات اللازمة.

كما شهد فن النحت تطوراً ملحوظاً في كيفية تفاعله مع البيئة المحيطة، بفضل التقدم في المواد والتكنولوجيا والفهم البيئي، هذا التفاعل يعزز الاتصال بالطبيعة ويعكس قضايا بيئية مهمة، مما يجعل فن النحت أداة قوية للتواصل البيئي والاجتماعي، ويخلق تجارب حسية وجمالية تجعل الفن جزءاً لا يتجزأ من الحياة اليومية والمجتمعية. (Duempelmann, 2019, p122:123)

وفي العصر الحالي يستمر فن النحت التكيفي في التطور، حيث يستكشف الفنانون طرقاً جديدة للتعامل مع القضايا البيئية وحث المشاهدين على إعادة النظر في علاقتهم بالطبيعة عن طريق رفع مستوى الوعي حول مجموعة واسعة من القضايا البيئية من خلال إنشاء تركيبات ومنحوتات وعروض مثيرة للتفكير تستطيع التكيف مع البيئة المحيطة بها، حيث تم تصميمها لجذب انتباه المشاهدين وخيالهم وتثقيفهم عن البيئة المحيطة بهم، قد يقوم الفنانون بإنشاء منحوتات تعرض جمال وتنوع النظم البيئية المختلفة، أو يستخدمون فن الأداء لعرض الصفات الفريدة للنظم البيئية.

(Brady, 2019, p147)

وبالإضافة إلى رفع مستوى الوعي حول القضايا البيئية، يستخدم الفنانون أيضاً فن النحت القابل للتكيف مع البيئة المحيطة لإلهام الناس لاتخاذ الإجراءات اللازمة من خلال إنشاء أعمال فنية تشجع الناس على التواصل مع الطبيعة على مستوى أعمق، حيث يأمل الفنانون في تعزيز الشعور بالمسؤولية تجاه البيئة.

ب- التأثيرات الثقافية والاجتماعية للنحت التكيفي:

1- التأثيرات الثقافية:

- **دمج الفن والتكنولوجيا:** يساهم النحت القابل للتكيف مع البيئة في تعزيز الابتكار الثقافي من خلال دمج التكنولوجيا الحديثة في الأعمال الفنية، هذه الأعمال تستخدم تقنيات مثل الأنظمة الكهروميكانيكية الدقيقة (MEMS) والمواد الذكية، مما يجعلها تتفاعل مع المحيط البيئي وتتكيف معه.
- **توفير تجارب حسية وتعليمية:** الفن المتكيف مع البيئة المحيطة يوفر تجارب حسية تعليمية، حيث يمكن للأطفال والكبار التعلم عن العمليات البيئية والطبيعية من خلال التفاعل مع هذا الفن، هذه التجارب تعزز من فهم القضايا البيئية بطرق ممتعة وملهمة.
- **تشجيع الإبداع والابتكار:** تشجيع استخدام المواد الذكية والتقنيات الحديثة في الفن يحفز الإبداع والابتكار، حيث يستخدم الفنانون مواد مثل البوليمرات الذكية وسبائك ذاكرة الشكل لإنشاء أعمال فنية تستطيع التكيف والتفاعل مع البيئة المحيطة بها، مما يدفع حدود الإبداع الفني ويعزز التطور التكنولوجي.
- **تعزيز الاستدامة والوعي البيئي:** من خلال التفاعل مع البيئة المحيطة، تعزز هذه الأعمال الوعي بأهمية الاستدامة والتكيف مع التغيرات المناخية، والفنانين الذين يعملون في هذا المجال يستخدمون تقنيات ذكية لخلق أعمال فنية تتفاعل مع التغيرات في البيئة مثل التغيرات في الهواء، درجة الحرارة، أو الرطوبة.
- **إعادة تعريف الفضاء العام:** يساهم النحت القابل للتكيف مع البيئة في إعادة تعريف الفضاءات العامة من خلال الأعمال الفنية التي تتفاعل مع الجمهور والبيئة المحيطة، هذا النوع من الفن يمكن أن يغير من تجربة الجمهور للفضاء العام ويعزز من إدراكهم البيئي.

(Jin, H. & Bianchi, J., 2023, p45:52)

2- التأثيرات الاجتماعية:

- **التفاعل مع المجتمع:** يشجع النحت القابل للتكيف مع البيئة على التفاعل المجتمعي من خلال الأعمال الفنية التي تستجيب للبيئة وتدعو الجمهور للتفاعل معها، هذا يعزز من روح التعاون والمسؤولية المشتركة تجاه البيئة.
- **التأثير على السياسات البيئية:** من خلال زيادة الوعي البيئي والتفاعل المجتمعي، يمكن للنحت القابل للتكيف مع البيئة أن يؤثر على السياسات البيئية من خلال تشجيع المسؤولين على اتخاذ خطوات ملموسة نحو الاستدامة البيئية.
- **زيادة الوعي البيئي:** الفن المتكيف مع البيئة يساعد على زيادة الوعي حول القضايا البيئية مثل التغير المناخي والتلوث من خلال الأعمال الفنية التي تتفاعل مع العوامل البيئية، يمكن للفنانين توصيل رسائل قوية تبرز أهمية حماية البيئة، وتدعو الجمهور للتفكير في حلول مستدامة.
- **تعزيز الاتصال بالطبيعة:** تتيح المنحوتات والأعمال الفنية التي تستطيع التكيف مع البيئة المحيطة للأشخاص تجربة الطبيعة بشكل مباشر، مما يعزز من ارتباطهم بالطبيعة ويحفزهم على المشاركة في جهود الحفاظ على البيئة والاستدامة.
- **تعزيز القيم الجمالية والبيئية:** الفن المتكيف مع البيئة يعزز من القيم الجمالية والبيئية، فالأعمال الفنية التي تتفاعل مع التغيرات البيئية مثل الضوء والحرارة والرطوبة تضيف جمالاً وديناميكية للمساحات المحيطة، مما يعزز من تقدير الجمال الطبيعي وأهمية الحفاظ عليه.

(Miller, T. & Wong, S. 2022, p120:126)

ثالثاً: المواد والتقنيات الحديثة المستخدمة في النحت التكيفي:

أ- المواد الحديثة المستخدمة في تنفيذ النحت التكيفي:

1- المواد الذكية متغيرة الشكل (Shape Memory Materials): هي مواد تمتلك القدرة على استعادة شكلها الأصلي بعد تعرضها لتغيرات مختلفة عند تطبيق محفز خارجي مثل الحرارة أو المجال المغناطيسي، وأحدثت هذه المواد ثورة في العديد من المجالات، بما في ذلك الهندسة الطبية والفضائية، وأيضاً في الفنون، هذا النوع من المواد يمكن استخدامه في فن النحت القابل للتكيف مع البيئة لتحقيق تأثيرات جمالية وتفاعلية فريدة، ومن الأنواع الرئيسية للمواد متغيرة الشكل

(Harish, Vaysl, 2022, p 3513)

- **سبائك ذاكرة الشكل (Shape Memory Alloys- SMAS):** هي مواد معدنية يمكنها استعادة شكلها الأصلي بعد تغيره عندما تتعرض لدرجة حرارة معينة، هي معدن وظيفي ذو خصائص فريدة تسمح بتدريبها على الحركة من تلقاء نفسها، يمكن أن تمرّ سبائك ذاكرة الشكل (SMAs) بتحوّلات في الحالة الصلبة، مما يعني أنه يمكن تمديدها وثنيها وتسخينها وتبريدها مع الاحتفاظ بشكلها الأصلي، وتقدم هذه الخاصية

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

فرصاً لمجموعة متنوعة من التطبيقات.
(Bagheri, M. 2024)

- **الهيدروجيلات الذكية (Smart Hydrogels):** هي مواد تشبه الهلام تحتوي على كمية كبيرة من الماء وتستطيع تغيير حجمها وشكلها استجابةً للتغيرات في درجة الحموضة، ودرجة الحرارة، والمجالات الكهربائية، حيث يمكنها أن تمتص الماء أو تطرده استجابةً للتغيرات البيئية، مما يؤدي إلى تغيير في حجمها وشكلها. :(Harish, Vaysl.2022, P3517)
- **المواد الكهربائية النشطة - Electroactive Polymers (EAPs):** هي مواد تتغير شكلها عند تعرضها لمجال كهربائي.

2- البوليمرات الحساسة للحرارة: هي مواد معروفة أيضاً بالبوليمرات المتغيرة الشكل أو ذات الذاكرة الشكلية، هي مواد قادرة على التغيير بين شكلين أو أكثر استجابةً للتغيرات في درجة الحرارة، هذه الخصائص تجعلها مثالية للاستخدام في التطبيقات التي تتطلب تفاعلات ديناميكية مع البيئة، وأهم أنواع هذه المواد:

- **البوليمرات ذات الذاكرة الشكلية Shape Memory Polymers - SMPs):** تعد البوليمرات ذات الذاكرة الشكلية واحدة من أكثر الأنواع شيوعاً، تتميز هذه المواد بقدرتها على تذكر شكلها الأصلي والعودة إليه عند تسخينها إلى درجة حرارة معينة، تحتوي SMPs على شكل دائم يتم تعيينه أثناء التصنيع وشكل مؤقت يمكن تشكيله عند تسخينها، وعندما يتم تسخين البوليمر إلى درجة حرارة التحول (عادة فوق درجة حرارة الانتقال الزجاجي أو درجة حرارة الانصهار) يعود إلى شكله الأصلي. (Cao, M., 2019, p3604
- **البوليمرات الكرومية الحرارية Thermochromic Polymers):** تغير هذه البوليمرات لونها استجابةً للتغيرات في درجة الحرارة، مما يوفر تأثيرات بصرية تفاعلية، تحتوي البوليمرات الكرومية الحرارية على جزيئات حساسة للحرارة تغير هيكلها الجزيئي وبالتالي لونها عند تعرضها لدرجات حرارة مختلفة، يمكن استخدامها في النحت لإنشاء تأثيرات لونية تتغير مع تغيرات درجة الحرارة المحيطة، مما يضيف عنصراً ديناميكياً للأعمال الفنية.
(Cao, M., 2019, p3605)
- **الهيدروجيلات الحساسة للحرارة Thermo-responsive Hydrogels):** هذه المواد عبارة عن شبكات بوليمرية تحتوي على نسبة عالية من الماء وتستجيب للتغيرات في درجة الحرارة عن طريق الانتفاخ أو الانكماش، تحتوي الهيدروجيلات الحساسة للحرارة على شبكات بوليمرية تستجيب للتغيرات في درجة الحرارة من خلال امتصاص أو فقدان الماء، مما يؤدي إلى تغييرات في الحجم والشكل، يمكن استخدامها في النحت لإنشاء أعمال تتغير في الحجم أو الشكل بناءً على التغيرات في درجة الحرارة المحيطة، مما يوفر تفاعلات ملموسة مع البيئة. (Cao, M., 2019, p3607)

3- المواد متغيرة اللون: هي مواد تتغير ألوانها استجابة للمحفزات البيئية مثل الحرارة، الضوء، الرطوبة، أو الكهرباء، تستخدم هذه المواد بشكل واسع في النحت القابل للتكيف مع البيئة لأنها توفر تفاعلاً ديناميكياً يمكن ملاحظته بسهولة، مما يعزز تجربة المشاهد ويزيد من الوعي بالتغيرات البيئية المحيطة، ومن أهم أنواع المواد متغيرة اللون:

- **المواد الثرموكرومية (Thermochromic Materials):** هي مواد تتغير ألوانها مع تغير درجة الحرارة، تحتوي هذه المواد على جزيئات حساسة للحرارة تغير تركيبها الكيميائي عند تعرضها لدرجات حرارة مختلفة، مما يغير لونها.
- **المواد الفوتوكرومية (Photochromic Materials):** هي مواد تتغير ألوانها عند التعرض للأشعة فوق البنفسجية أو الضوء المرئي، تعمل هذه المواد على تغيير تركيبها الجزيئي عند التعرض للضوء، مما يؤدي إلى تغير لونها.
- **المواد الكهروكرومية (Electrochromic Materials):** هي مواد تتغير ألوانها عند تطبيق جهد كهربائي، هذه المواد تحتوي على جزيئات تتغير تركيبها عند تطبيق جهد كهربي، مما يؤدى إلى تغير لونها.
- **المواد الهيدروكرومية (Hydrochromic Materials):** هي مواد تتغير ألوانها عند التعرض للرطوبة، تتفاعل هذه المواد مع جزيئات الماء، مما يغير تركيبها الكيميائي وبالتالي لونها. (Figueiro, P., 2020, P 207:2023)

ب- التقنيات المستخدمة في تنفيذ النحت التكيفي:

1- الأنظمة الكهروميكانيكية الدقيقة (MEMS- Micro electromechanical systems): تقدم إمكانيات واسعة لفن النحت القابل للتكيف مع البيئة، حيث تمكن الفنانين من خلق أعمال فنية ديناميكية تستجيب للتغيرات البيئية بطرق مبتكرة من خلال دمج المستشعرات، ووحدات التحكم، والمحركات، يمكن لهذه الأنظمة تعزيز التفاعل بين الفن والبيئة، وزيادة الوعي البيئي بين الجمهور.

تعريف الأنظمة الكهروميكانيكية الدقيقة:

هي عبارة عن تقنية تجمع بين المكونات الميكانيكية والكهربائية على نطاق صغير جداً، يتم انشاء هذه الأجهزة باستخدام تقنيات التصنيع الدقيق، حيث تتكون الأنظمة الكهروميكانيكية الدقيقة من مكونات يتراوح حجمها من 1 إلى 100 ميكروميتر، وتتراوح هذه الاجهزة عادةً في الحجم من 20 ميكروميتر إلى مليمتر، وتتكون عادةً من جهاز مركزي يقوم بمعالجة البيانات مثل (المعالج الدقيق) والعديد من المكونات التي تتفاعل مع البيئة مثل (أجهزة الاستشعار الدقيقة)، تتمتع تقنية MEMS بالقدرة على إحداث ثورة في العديد من الصناعات من خلال تمكين تطوير أجهزة جديدة أصغر حجماً وأكثر كفاءة، كما تُستخدم هذه الأنظمة بشكل متزايد في فن النحت القابل للتكيف مع البيئة لتحفيز التغيرات في الشكل أو الحركة استجابةً للتغيرات البيئية. (Kim, J., 2019, P743)

بالمقارنة مع الأجهزة الميكانيكية واسعة النطاق، تتمتع الأنظمة الكهروميكانيكية الدقيقة بمساحة سطح عالية إلى نسبة الحجم، مما يجعل القوى الناتجة عن الكهرومغناطيسية المحيطة مثل (الشحنات الكهروستاتيكية والعزوم المغناطيسية) وديناميكيات السوائل مثل (التوتر السطحي واللزوجة) أكثر أهمية في اعتبارات التصميم، وعلى النقيض من تكنولوجيا النانو الجزيئية والإلكترونيات الجزيئية، والتي تحتاج أيضاً إلى أخذ كيمياء السطح وخصائص المواد في الاعتبار، فإن تكنولوجيا MEMS تعتبر أقل اعتمادية على ذلك.

ستقوم تقنية MEMS بإحداث ثورة في كل مجالات الإنتاج المختلفة فاتحة الأبواب أمام إمكانية تصنيع الأنظمة الكاملة ووضعها على شريحة إلكترونية صغيرة، وتفتح هذه التقنية المجال لتطوير المنتجات الذكية مثل الحساسات والمحركات الميكروية إضافة إلى توسيع الفضاء أمام التصميم والتطبيقات، وتعتبر الدارات الميكروية المتكاملة بمثابة العقل في الأنظمة الميكروية، وباستخدام الحساسات (العيون) يمكن التحكم بالمحركات (الأطراف) في كل أنحاء النظام، حيث تجمع الحساسات المعلومات من خلال قياس الظواهر الميكانيكية، والحرارية، والحيوية، والكيميائية والبصرية وغيرها، ثم ترسلها إلى الـ IC التي تقوم بمعالجة هذه المعطيات بالاعتماد على قوانين موضوعة مسبقاً، ثم تقوم بالتحكم بالمحركات بالشكل المناسب والتفاعل مع هذه المعطيات. (Kim, J., 2019, P746)

مكونات الأنظمة الكهروميكانيكية الدقيقة:

- **المحركات الكهربائية:** تقوم بتحويل الطاقة الكهربائية إلى حركة ميكانيكية، وتشتمل على الأنواع التالية: محركات التيار المستمر(DC motors) ، محركات التيار المتردد (AC motors).
- **المحركات المتدرجة (Stepper Motors):** تقوم بتوفير حركة دقيقة ومنضبطة، ويمكن استخدامها في النحت القابل للتكيف مع البيئة حيث يمكنها تغيير وضعية أجزاء المنحوتة

بدقة استجابةً لإشارات تحكم محددة.

- **المستشعرات:** تقوم بقياس التغيرات البيئية مثل الضوء، الحرارة، الرطوبة، والرياح، وتتمثل أنواعها في: مستشعرات الضوء(LDRs) ، مستشعرات الحرارة(Thermistors) ، مستشعرات الرطوبة، ومستشعرات الرياح.
- **وحدات التحكم:** تقوم بمعالجة إشارات المستشعرات وإرسال الأوامر إلى المحركات، وتتمثل أنواعها في: المتحكمات الدقيقة (Microcontrollers)، وحدات التحكم المنطقية القابلة للبرمجة (PLCs). (Kim, J., 2019, P747:750)

آلية عمل الأنظمة الكهروميكانيكية الدقيقة:

- **القياس:** تستخدم المستشعرات لقياس التغيرات في البيئة المحيطة.
- **المعالجة:** تعالج وحدات التحكم البيانات المستلمة من المستشعرات وتحدد الاستجابة المناسبة.
- **التنفيذ:** تقوم المحركات الكهربائية بتحويل الأوامر إلى حركة ميكانيكية، مما يغير شكل أو وضعية المنحوتة.

3- **تقنية الروبوتات التكيفية:** هي روبوتات تتمتع بقدرات التعلم الذاتي والتكيف واتخاذ القرار، وتتمتع بوعي بيئي قوي وقدرة مستقلة على اتخاذ القرار، ويمكنها تعديل استراتيجياتها السلوكية وخطط التنفيذ وفقاً للتغيرات البيئية ومتطلبات المهمة، فهي أنظمة روبوتية قادرة على تعديل سلوكها أو شكلها استجابةً للتغيرات البيئية المحيطة أو المحفزات الخارجية، تعتمد هذه الروبوتات على تكنولوجيا متقدمة تشمل المستشعرات، ووحدات التحكم، والمحركات الذكية، والمواد الذكية، مما يمكنها من التفاعل مع البيئة المحيطة. يتم استخدام الروبوتات التكيفية بشكل متزايد في النحت التكيفي بسبب قدرتها على التفاعل مع محيطها والاستجابة له، مما يجعلها مناسبة للغاية للتركيبات الفنية الديناميكية والتفاعلية.

4- (Yang, Y., 2021, P 105)

تم استخدام الروبوتات التكيفية في العديد من التركيبات الفنية لخلق تجارب ديناميكية وجذابة، على سبيل المثال، طورت شركة Flexiv، وهي شركة متخصصة في الروبوتات التكيفية، أذرع روبوتية يمكنها تغيير سلوكها بناءً على التفاعل البشري والتغيرات البيئية، كما يمكن برمجة هذه الأذرع لخلق أشكال وحركات مختلفة، مما يضيف عنصراً ديناميكياً إلى المنحوتات، تُستخدم المنحوتات الروبوتية المتكيفة أيضاً في الأماكن العامة لخلق بيئات تفاعلية ومتجاوبة، و يمكن لهذه المنحوتات أن تستجيب لظروف الطقس أو الوقت أو التواجد البشري، مما يجعل الأماكن العامة أكثر تفاعلاً ً، حيث تُستخدم الروبوتات المتكيفة في النحت القابل للتكيف مع البيئة لتحقيق الأهداف التالية: (Yang, Y., 2021, P 107)

- **تغيير الشكل:** يمكن للمنحوتات تغيير شكلها استجابةً للتغيرات البيئية مثل الضوء أو الحرارة.
- **التفاعل الديناميكي:** توفر تجربة تفاعلية للجمهور من خلال استجابة المنحوتات للتفاعلات الحسية.
- **التوعية البيئية:** تسلط الضوء على التغيرات البيئية وتعزز الوعي البيئي بين الجمهور.

آليات استخدام الروبوتات المتكيفة في النحت القابل للتكيف مع البيئة:

- **المستشعرات والذكاء الاصطناعي:** تستخدم الروبوتات التكيفية في النحت التكيفي مجموعة متنوعة من المستشعرات لاكتشاف التغيرات في البيئة، وتشمل مستشعرات الضوء ومستشعرات درجة الحرارة وكاشفات الحركة، كما تقوم خوارزميات الذكاء الاصطناعي بمعالجة البيانات الحسية لتمكين الروبوت من الاستجابة بشكل مناسب، مثل تغيير المواضع أو تغيير الألوان أو حتى تعديل الأشكال.
- **المحركات:** هي الآليات المسؤولة عن الحركة والتحكم داخل الروبوتات، حيث تقوم المشغلات بتحويل الإشارات الكهربائية إلى حركة فيزيائية، مما يسمح للمنحوتة بالتحرك أو تغيير شكلها استجابةً للمؤثرات البيئية.
- **التعلّم الآلي:** يتيح التعلم الآلي لهذه الروبوتات التعلم من بيئتها وتحسين استجاباتها بمرور الوقت، وهذا يجعل المنحوتات أكثر تفاعلية وقدرة على القيام بسلوكيات معقدة.

(Yang, Y., 2021, P 110:115)

3- تقنية الاستشعار البيئي: تستخدم هذه التنقية لجعل المنحوتات تتفاعل بشكل ديناميكي مع الظروف البيئية المحيطة، مثل الضوء، ودرجة الحرارة، والرطوبة، وحركة الأشخاص، هذه التقنية تُحسّن تجربة التفاعل مع العمل الفني وتجعلها أكثر انغماساً وتفاعلاً مع المحيط. (Liu, H., 2022, P114)

المكونات الأساسية لتقنية الاستشعار البيئي:

المستشعرات البيئية (Environmental Sensors) وتتمثل فيما يلي:

- **مستشعرات الضوء:** تقيس شدة الإضاءة وتغيراتها، مما يمكن المنحوتات من تعديل ألوانها أو إشعاعاتها استجابة لتغيرات الضوء الطبيعي أو الاصطناعي.
- **مستشعرات درجة الحرارة:** تقيس درجة الحرارة المحيطة وتساعد في تغيير الألوان أو الأشكال اعتماداً على درجة الحرارة، مثل استخدام المواد متغيرة اللون حرارياً.
- **مستشعرات الرطوبة:** تقيس نسبة الرطوبة في الهواء وتؤثر على المواد التي تتفاعل مع الرطوبة لتغيير خصائصها.
- **مستشعرات الحركة:** تكشف عن حركة الأشخاص بالقرب من المنحوتة وتسمح للمنحوتة بالاستجابة بحركة مقابلة أو تغيير في الشكل أو اللون. (Liu, H., 2022, P117)

- **المعالجات (Microcontrollers):** تستخدم لتحليل البيانات الملتقطة من المستشعرات واتخاذ القرارات المناسبة للتحكم في مكونات العمل النحتي.
- **المحركات الدقيقة (Actuators):** تقوم بتحريك أجزاء من المنحوتة بناءً على الأوامر من المعالج، مما يسمح للمنحوتة بالتفاعل مع البيئة المحيطة.

آلية عمل تقنيات الاستشعار البيئي:

- **جمع البيانات:** المستشعرات تجمع البيانات البيئية بشكل مستمر وترسلها إلى المعالج.
- **تحليل البيانات:** المعالج يقوم بتحليل البيانات لتحديد الظروف البيئية الحالية (مثل شدة الضوء أو درجة الحرارة).
- **اتخاذ القرار:** بناءً على التحليل، يقوم المعالج باتخاذ قرارات بشأن كيفية تفاعل المنحوتة (مثل تغيير اللون أو الشكل).
- **تنفيذ الأوامر:** يتم إرسال الأوامر إلى المحركات الدقيقة لتنفيذ التغييرات المطلوبة في المنحوتة.

(Liu, H., 2022, P120:125)

رابعاً: التحديات والاتجاهات المستقبلية للنحت التكيفي:

أ- التحديات في التصميم والتنفيذ للنحت التكيفي:

1- المواد والتكنولوجيا:

- **توفير المواد الذكية:** تعتبر المواد الذكية مثل البوليمرات متغيرة الشكل والأصباغ الكرومية متطورة وغالباً ما تكون باهظة الثمن وصعبة التوريد، لذلك تطوير هذه المواد بشكل مستدام وبأسعار معقولة يمثل تحدياً كبيراً.
- **الاستشعار والأنظمة الكهروميكانيكية الدقيقة (MEMS):** تحتاج منحوتات التكيف البيئي إلى أنظمة استشعار متطورة ومحركات دقيقة لتتفاعل بشكل فعال مع البيئة، هذه الأنظمة يمكن أن تكون معقدة وتحتاج إلى صيانة دورية لضمان الأداء الأمثل.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

2- التصميم والبناء:

- **التكامل بين الفنون والتكنولوجيا:** يتطلب تصميم وتنفيذ النحت القابل للتكيف مع البيئة تعاوناً وثيقاً بين الفنانين، المهندسين، والمصممين، هذا التعاون يمكن أن يكون تحدياً نظراً لاختلاف الخبرات والمفاهيم الفنية والتقنية.
- **الديمومة والاستدامة:** يجب أن تكون المواد والتقنيات المستخدمة في النحت القابل للتكيف مع البيئة قادرة على تحمل الظروف البيئية المختلفة دون تدهور سريع، لذلك فإن ضمان الاستدامة وطول العمر يتطلب بحثاً وتطويراً بشكل مستمر.

3- التفاعل مع البيئة والجمهور:

- **الاستجابة الديناميكية:** تصميم منحوتات تتفاعل باستمرار مع التغيرات البيئية (مثل الضوء، الحرارة، الرطوبة) يتطلب أنظمة دقيقة وفعالة، أي تأخير أو خلل في الاستجابة يمكن أن يقلل من تأثير العمل الفني.
- **تفاعل الجمهور:** يجب تصميم النحت بطريقة تضمن تفاعل الجمهور معه بشكل آمن وفعال، مما يتطلب فهماً عميقاً لكيفية تفاعل الجمهور مع الأعمال الفنية في الفضاءات العامة.

(Smith, R., 2023, P150:153)

ب- الاتجاهات المستقبلية والتطورات التكنولوجية المحتملة للنحت التكيفي:

1- تطور المواد الذكية: والتي تتمثل في:

- **البوليمرات متغيرة الشكل المتقدمة:** من المتوقع أن يشهد هذا المجال تقدماً كبيراً في تطوير بوليمرات يمكنها التحول بشكل أكثر دقة واستجابة لعوامل بيئية متنوعة مثل الحرارة، الضوء، والكهرباء، هذه المواد يمكن أن تساعد في إنشاء منحوتات تتغير بطرق أكثر تعقيداً وإبداعية.
- **المواد النانوية (Nanomaterials):** استخدام المواد النانوية يمكن أن يعزز خصائص المواد الذكية مثل القوة، المرونة، والاستجابة السريعة، هذه المواد يمكن أن توفر قدرات جديدة في التكيف مع البيئات المتغيرة بسرعة وديناميكية.

(Taylor, M., 2022, p325:326)

2- تقنيات الاستشعار المتقدمة: والتي تتمثل في:

- **الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي:** دمج الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي مع تقنيات الاستشعار يمكن أن يحسن من قدرة المنحوتات على التعرف على الأنماط البيئية والتفاعل معها بطرق أكثر تعقيداً ودقة، حيث يمكن لهذه التقنيات أن تعلم المنحوتات كيفية التكيف بشكل أفضل مع الظروف المتغيرة.
- **شبكات الاستشعار اللاسلكية (Wireless Sensor Networks):** تقدم هذه الشبكات مرونة أكبر في مراقبة البيئات المحيطة وجمع البيانات منها بشكل مستمر، مما يعزز قدرة المنحوتات على التكيف في الوقت الحقيقي مع التغيرات البيئية.

3- التكامل بين الفنون والتكنولوجيا: والذي يتمثل في:

- **الطباعة ثلاثية الأبعاد (3D Printing):** التطورات في تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد يمكن أن تتيح إنشاء منحوتات معقدة وبأشكال هندسية متقدمة، مما يسمح بتصميم أشكال أكثر إبداعية وديناميكية يمكنها التفاعل مع البيئة بشكل فعال.
- **الواقع المعزز والافتراضي (AR/VR):** يمكن استخدام تقنيات الواقع المعزز والافتراضي في تصميم وتنفيذ النحت التكيفي، هذه التقنيات تتيح للفنانين تصور وتحليل تأثيرات التغييرات البيئية على النحت قبل التنفيذ الفعلي.

(Taylor, M., 2022, p328:330)

4- التطبيقات العملية والتجريبية: والتي تتمثل في:

- **الفضاءات العامة الذكية (Smart Public Spaces):** يمكن أن تكون المنحوتات التكيفية جزءاً من الفضاءات العامة الذكية التي تستجيب للظروف البيئية وتعزز تجربة الجمهور، حيث يمكن لهذه الفضاءات أن تساهم في تعزيز التفاعل المجتمعي وزيادة الوعي البيئي.
- **التعليم والفن التفاعلي:** يمكن استخدام النحت التكيفي كأداة تعليمية تفاعلية في المدارس والجامعات لتعزيز فهم الطلاب للتقنيات الذكية والاستدامة البيئية، هذه التطبيقات يمكن أن تشجع على الابتكار وتطوير حلول فنية جديدة.
- **الصيانة والديمومة:** المنحوتات التكيفية تحتاج إلى صيانة مستمرة لضمان عملها بكفاءة واستدامتها على المدى الطويل. تطوير مواد وتقنيات تحتاج إلى صيانة أقل سيكون له تأثير إيجابي كبير على انتشار هذا النوع من الفن.

(Taylor, M., 2022, p331:334)

خامساً: بعض من نماذج أعمال النحت التكيفي:

1- العمل النحتي "Unwoven Light" للفنانة " Soo Sunny Park":

يضفي العمل النحتي" Unwoven Light" للفنانة سو سوني بارك "Soo Sunny Park" الحيوية على مساحة معرض رايس الكبيرة ويحولها إلى عالم متلألئ من الضوء والظل والألوان الزاهية، حيث تتدلى من الجدران والسقف سبع وثلاثون وحدة منحوتة بشكل فردي معلقة على الجدران والسقف، وهي مرتبة في شكل تدفق رشيق وملتوٍ من الأشكال المجردة، يقوم العمل بالتجريب المستمر لخصائص الضوء سريعة الزوال، وكيفية تأثير الضوء على تصورات المساحة المعمارية المحيطة به، وعلى الرغم من أن الضوء عنصر بنيوي حاسم في كل عمل من أعمال بارك إلا أنه غير مادي، وقد استخدمت هنا كلاً من إضاءة المعرض والضوء الطبيعي الذي يدخل من خلال الجدار الزجاجي الأمامي.

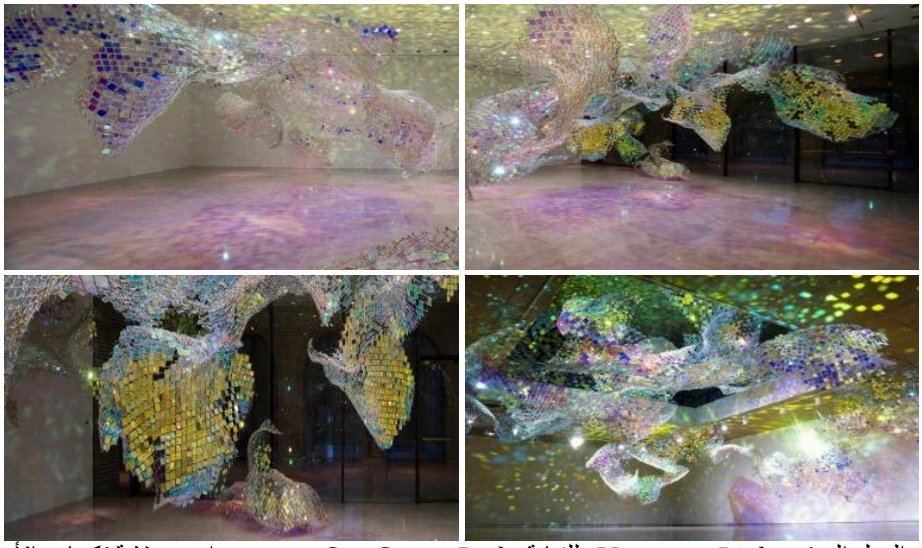
(Park, S., 2017, p66)

وفي هذا الصدد تقول بارك: "نحن لا نلاحظ الضوء عند النظر إليه بقدر ما نلاحظ الأشياء التي يسمح لنا الضوء برؤيتها، حيث يلتقط العمل الضوء، ويجعل الضوء يكشف عن نفسه من خلال الانعكاسات والانكسارات الملونة على أسطح العمل الفني وعلى أرضية المعرض والجدران". (Park, S., 2017, p67)

يشبه العمل هيكل من السلاسل المترابطة على شكل شبكة من الألياف المرتبة أفقياً وعمودياً، وتستخدم بارك هيكل الشبكة كوسيلة لتفكيك الضوء، حيث يوجد في كل خلية مفتوحة من السور الشبكي شكل مقطوع من زجاج الشبك القزحي، فيظهر القزح اللوني في الطبيعة في لمعان ريش الطاووس وقشور السمك وأجنحة الفراشات، حيث يظهر على شكل عدد لا يحصى من الألوان التي تبدو متغيرة مع الزاوية التي يُنظر إليها منها، فهنا تعمل الخصائص اللونية للزجاج المطلي على نسج الضوء، حيث يتحول كل شكل من أشكالها من شفاف إلى ملون في وجود الأضواء، تشرح بارك العمل قائلة: "إن المنحوتة مثل الشبكة عبارة عن مصفاة تهدف إلى التقاط الضوء الموجود بالفعل وإجباره على الكشف عن نفسه، فيمكننا أن نري الضوء في الظلال الأرجوانية والانعكاسات الصفراء والخضراء التي تعكس شكل السياج وتعيد هيكلة المساحة التي تسكنها".

(Park, S., 2017, p70)

فستكون تجربة كل زائر مع الضوء غير المنسوج فريدة من نوعها، اعتماداً على الوقت من اليوم، ونسبة الضوء الطبيعي إلى الضوء الاصطناعي، وزاوية الرؤية الدقيقة، وحتى عدد الأشخاص في المعرض، فمن الممكن أن يقف شخصان بجانب بعضهما البعض، ويكون لكل منهما تجربة مختلفة تماماً بسبب الحضور الديناميكي للضوء.



شكل (3) يوضح العمل النحتي Unwoven Light- للفنانة Soo Sunny Park- معرض رايس بولاية تكساس الأمريكية - 2013م (Park, S., 2017, p72:74)

2- العمل النحتي "Earthtime 1.26" للفنانة " Janet Echelman":

تعمل سلسلة منحوتات "Earthtime 1.26" للفنانة جانيت إيشلمان "Janet Echelman" على زيادة الوعي بالبيئة المحيطة، حيث نُصبت منحوتة "Earthtime 1.26" في حديقة مكتبة ديجلي ألبيري (BAM) في مدينة ميلانو بإيطاليا في سبتمبر 2022، تُعبر المنحوتة عن الترابط بين السماء والأرض، والمرونة والقوة. وترتبط الفنانة بين المتناقضات باستخدام ألوان جريئة ومنحنيات ناعمة تتدفق بين أجزاء العمل كتكوين نحتي معماري، ويتكون العمل من ألياف متشابكة لا حصر لها، ففي كل مرة تتحرك فيها عقدة واحدة في مهب الريح يتغير موقع كل عقدة أخرى على سطح المنحوتة في شكل منحني دائم التغيّر من خلال حركة الرياح.

Echelman, J., 2018, p94)

قامت إيشلمان بصنع هذا العمل بالتعاون مع مجموعة من المهندسين المعماريين والمصممين وصانعي النماذج داخل الأستوديو الخاص بها، بالإضافة إلى فريق خارجي من مهندسي الطيران والهندسة الإنشائية ومصممي برامج الحاسب الآلي ومصممي الإضاءة ومهندسي المناظر الطبيعية وفريق التصنيع. شكل (4)

داخل استوديو "إيشلمان"، تم تصميم الشكل المادي للعمل النحتي "Earth time 1.26" رقمياً مستوحى من مجموعة بيانات علمية تصف حدثاً جيولوجياً واحداً في جزء واحد من العالم وهو (زلزال عام 2010 في تشيلي) الذي تسبب في حدوث تأثيرات مضاعفة حول العالم، مما أدى إلى تسريع دوران الأرض اليومي، حيث تم تقصير يوم الأرض بمقدار 1.26 ميكروثانية، ويشير الرقم في العنوان إلى هذا التغير في الزمن.

(Echelman, J., 2018, p96)

حتى الآن، تم تركيب منحوتة "Earth time 1.26" في 15 مدينة في 4 قارات: دنفر- كولورادو (2010)، وسيدني - أستراليا (2011)، وأمستردام - هولندا (2013)، وسنغافورة (2014)، ومونتريال - كندا (2015، 2016، 2017)، وبراغ - جمهورية التشيك (2015)، ودورهام - المملكة المتحدة (2015)، وسانتياغو - تشيلي (2016)، وشنغهاي - الصين (2017)، وتشيبي - تايوان (2018)، وهونغ كونغ - الصين (2018)، وجنيف - سويسرا (2020)، وميونيخ - ألمانيا (2021)، وجدة - المملكة العربية السعودية (2021)، وميلانو - إيطاليا (2022). (Echelman, J., 2018, p101:103) شكل (5) ، (6)

شكل (4) يوضح منحوتة "Earthtime 1.26" - ميلانو- إيطاليا- 2022م(Echelman, J., 2018, p95)

شكل (5) يوضح منحوتة "Earthtime 1.26" - ميونخ - ألمانيا - 2021م (Echelman, J., 2018, p97)

شكل (6) يوضح منحوتة "Earthtime 1.26" - جدة - المملكة العربية السعودية - 2021م(Echelman, J., 2018, p98)

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

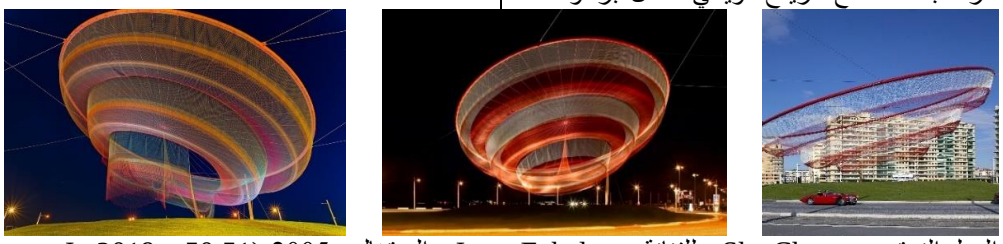
توضح الأشكال السابقة بعض من الأعمال المنفذة من منحوتة "Earthtime 1.26" في مدن مختلفة، حيث قام الفريق بحياكة الألياف يدوياً بواسطة النول، والألياف المصممة يدوياً باستخدام الألياف المجدولة بالنايلون والبولي إيثيلين عالي الوزن الجزيئي "UHMWPE" الذي يعتبر أقوى بخمسة عشر مرة من الفولاذ من حيث الوزن، مع الاضاءات الملونة، حيث تأخذ المنحوتة أشكال منحنيات مختلفة استجابة لحركة الرياح، لذلك تكون المنحوتة في شكل منحني دائم التغير من خلال حركة الرياح. (Echelman, J., 2018, p103)

3- العمل النحتي "She Changes" للفنانة Janet Echelman

قامت الفنانة Janet Echelman في هذا العمل باستخدام الألوان والمواد لاستدعاء ذكرى تاريخ الموقع كمركز لصيد الأسماك والصناعة، تطفو هذه الشبكة ثلاثية الأبعاد متعددة الطبقات فوق ساحة مدينة سلفادور، ويُنسب إليها الفضل في كونها أول منحوتة عامة دائمة وضخمة تستخدم مجموعة ناعمة ومرنة بالكامل من الأغشية التي تتحرك بسلاسة مع الرياح، ويُلقي العمل برسومات ظل سينمائية على الأرض، مما يسلط الضوء على "رقصات الرياح". وقد جعلت المدينة من المنحوتة رمزاً جرافيكي لها، حيث يعطي الجمهور تفسيرات مختلفة للعمل، من شباك الصيد والسفن والصواري التي تمثل التاريخ البحري البرتغالي، والمداخن المخططة بالأحمر والأبيض التي تمثل الماضي الصناعي للمنطقة، إلى الدانتيل البرتغالي والمخلوقات البحرية والتموجات في الماء.(Echelman, J., 2019, p47)

يتكون العمل من ثلاثة أعمدة من الفولاذ المجلفن، يتراوح ارتفاعها بين 25 و50 متراً، مطلية باللون الأبيض مع خطوط حمراء للإشارة إلى مداخن ومنارات قريبة، تدعم الأعمدة حلقة فولاذية تزن 20 طناً تتدلى منها الشبكة التي تزن طناً واحداً، تطل الحلقة على المحيط بشكل مائل، حيث يتراوح ارتفاعها بين 13.5 متراً عن الأرض عند أدنى نقطة و27 متراً عند أعلى نقطة، تتألف الشبكة من 36 مقطعاً شبكياً فردياً بكثافات مختلفة من الألياف المعقودة، تم ربطها يدوياً من جميع الجوانب في شكل متعدد الطبقات.

(Echelman, J., 2019, p48) شكل (7)



شكل (7) العمل النحتي She Changes - للفنانة Janet Echelman - البرتغال - 2005م(Echelman, J., 2019, p50:51)

نجد أن فن إيشلمان يتحول مع الرياح والضوء، ويتحول من كونه "شيئاً تنظر إليه، إلى تجربة يمكن أن تضيع فيها"، باستخدام مواد غير متوقعة، من جزيئات الماء المتناثرة إلى الألياف الهندسية الأقوى بخمسة عشر مرة من الفولاذ، تجمع إيشلمان بين الحرف القديمة وبرامج التصميم الحاسوبية لإنشاء أعمال فنية أصبحت نقاط محورية للحياة الحضرية، وتستمد مشاريعها الدائمة والمؤقتة إلهامها من الحرف القديمة وتجمع بين التكنولوجيا لإنشاء قطع حية تتنفس وتستجيب لقوى الطبيعة، حيث تجسد بيئات النحت هذه الهوية المحلية وتدعو الناس إلى تكوين علاقة شخصية وديناميكية مع الفن والمكان. (Echelman, J., 2019, p53)

ويعد احتضان التغيير أمراً أساسياً للمعنى والمظهر المادي للفن، حيث يستمتع المشاهدون بتجربة الأعمال الفنية التي تتغير دائماً، حيث تتضخم الأسطح الناعمة للألياف أو المنحوتات الضبابية باستمرار وتتكيف مع أشكال الرياح وأشعة الشمس المتغيرة باستمرار في الليل، كما يتغير اللون المدرك ببطء من خلال إضافة إسقاطات مبرمجة لإضاءة LED الملونة، وفي وضح النهار يرى المشاهدون اللون المادي المضمن لمادة الألياف والذي يتغير أيضاً تدريجياً بمرور الوقت، فقد تم تصميم مشاريعها وفقاً للمناخ والعمر المتوقع لكل موقع وسياق.(Echelman, J., 2019, p57)

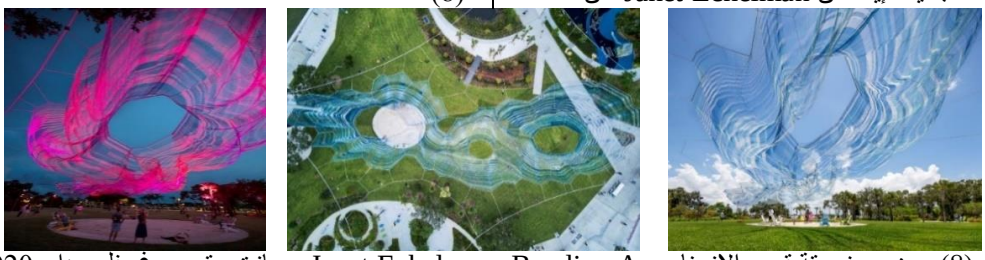
4- العمل النحتي "Bending Arc" للفنانة " Janet Echelman":

مع افتتاح رصيف سانت بطرسبرغ St. Petersburg الجديد على الواجهة المائية في سانت بطرسبرغ الذي تبلغ مساحته 26 فداناً في عام 2020، كشفت جانيت إيشلمان Janet Echelman عن أحدث أعمالها الدائمة "Bending Arc"، حيث تتألف المنحوتة الهوائية من 1,662,528 عقدة و180 ميلاً من الخيوط، وتمتد المنحوتة الهوائية على طول 424 قدماً ويبلغ ارتفاعها 72 قدماً عند أعلى نقطة لها. (Echelman, J., 2020, p105)

يحتضن فن إيشلمان التغيير دائما، حيث تتدفق المنحوتة الضخمة فوق منطقة رصيف بطرسبرغ، مما يسمح للرياح بخلق رقصات من الأشكال المتغيرة باستمرار على سطح المنحوتة الناعم، كما يتحول لون المنحوتة أيضاً في كل لحظة بينما يتداخل سطحها مع الضوء الطبيعي والضوء المسقط، وفي النهار تلقي المنحوتة رسومات ظلالها على الحديقة والناس في الأسفل، وفي الليل تتحول إلى منارة متوهجة من الضوء الأرجواني والبنفسجي.

(Echelman, J., 2020, p107)

استوحت الفنانة عملها من البطاقات البريدية التاريخية التي تصور مظلات الشاطئ المخططة باللونين الأزرق والأبيض مع الأشكال الهندسية التي تصنعها مستعمرات الأصداف البحرية التي تنمو على الجانب السفلي من الرصيف نفسه، حيث يمكن قراءة تصميم المنحوتة في المنظر الجوي على شكل ثلاث مظلات تشبه الأصداف البحرية متداخلة مع بعضها البعض. وتتألف هندسة المنحوتة من عدة أقواس تتدفق بلطف مع الرياح، حيث صُممت المنحوتة الضخمة المصنوعة بالكامل من الألياف خفيفة الوزن لتتحمل رياحاً بسرعة 150 ميلاً في الساعة، وتبلغ القوة القصوى المطبقة على صواريها 65 طناً، الحبل مصنوع من ألياف أقوى 15 مرة من الفولاذ من حيث الوزن. (Echelman, J., 2020, p109) شكل (8)



شكل (8) يوضح منحوتة قوس الانحناء Janet Echelman -Bending Arc - سانت بيترسبرغ، فلوريدا - 2020م (Echelman, J., 2020, p110:112)

5- العمل النحتي "Liquid Shard" للفنان " Patric Shearn":

منحوتة Liquid Shardهي عبارة عن تركيب فني للفنان باتريك شيران Patric Shearn تتكون من شبكة من الأشرطة المصنوعة من مادة PET المعدلة، التي تتفاعل مع الرياح والضوء لتشكيل أنماط متغيرة في السماء، تبلغ مساحة العمل 15000 قدم مربع وتتكون من طبقتين ترتفعان من 15 قدماً عن الأرض إلى 115 قدماً في الهواء. في الساحة المركزية لوسط مدينة لوس أنجلوس، تم إنشاء هذا العمل في موقع مخصص ليتم مشاهدته من منظور الأرض عند النظر إلى السماء ومن المكاتب المحيطة، عند النظر إلى الأسفل. يتيح هذا المشروع للمشاهدين التباطؤ ومراقبة الريح وهي تتموج ببطء وتحول القطعة، على غرار مشاهدة السحب. كانت ردود الفعل تجاه العمل إيجابية، حيث إن الإيقاع المتناقض لهذا العمل الفني مع صخب وسط المدينة يضيف شيئاً فريداً وإيجابياً إلى البيئة الحضرية.(Shearn, P., 2021, p90)

استخدم الفنان نماذج حاسوبية ثلاثية الأبعاد لتقييم كيفية تعليق الهيكل وتحركه في الفضاء. ثم عمل بعد ذلك على بناء تصميمه من المواد التي أمضى شيرن أسابيع في تجميعها معاً، حيث ربط آلاف الشرائط المعدنية بشبكة من الأحبال الليفية عالية التقنية. شكل (9)

ويقول الفنان عن هذا العمل "لقد ألهمتني مراقبة الطبيعة وهذا الشعور المستمر بأن هناك الكثير مما يحدث لا نفهمه ولا ندركه، حيث تشعر بتموجات الرياح على جلدك، ويبدو حجمها صغيراً. ولكن عندما ترى هذه القطعة، فإنك تتوصل إلى فهم للحركة الأكبر من حولك". (Shearn, P., 2021, p93)

شكل (9) منحوتة Liquid Shard - للفنان Patric Shearn - لوس انجلوس - الولايات المتحدة الأمريكية - 2016م
(Shearn, P., 2021, p99:102)

6- المنحوتتين Aegis – Noosphere للفنان Philip Beesley:

يتألف معرض Transforming Space من منحوتتين وهما "Aegis" و "Noosphere"، تجمع المنحوتتين بين البيولوجيا الاصطناعية والذكاء الاصطناعي والميكانيكا والصوت والضوء وأنظمة الترشيح. تتألف هذه المظلة النحتية من مصفوفة من الأغصان المتجاوبة التي تغطي شبكة هيكلية مرنة مبتكرة مدمجة بالذكاء الاصطناعي. عندما تقوم أغصان المايلر بتحريك الهواء بلطف، فإنها تعمل على تنشيط المعالجات الدقيقة وأجهزة الاستشعار المنظمة في شبكات كثيفة يمكنها التعلم والتكيف وحتى إظهار قدرتها على الفضول أثناء تطورها. تمت برمجة الذكاء الاصطناعي في المنحوتة بخوارزمية قائمة على الفضول مما يجعل النظام يبحث باستمرار ويجد أنماطاً جديدة من السلوك. في وسط هذه الشبكة المعقدة يوجد مشهد صوتي ذكي متغير ومتطور باستمرار تم تطويره مع مصمم الصوت سلفادور بريد "Salvador Brid" وشركة "DSOUND4". (Beesley, P., 2019, p125)

وإلى جانب المظلة، تضم الشبكة الهيكلية الرقيقة المصنوعة من الفولاذ والأكريليك للأحجام الكروية التي تتألف منها "Noosphere" أوعية تحتوي على خلايا نموذجية تُظهر خصائص معينة تشبه الحياة. تخلق توليفات من الزيوت والمواد الكيميائية غير العضوية والمحاليل المائية التي تحفزها أضواء LED جلوداً كيميائية داخل هذه الخلايا التي قد تؤدي إلى أنواع جديدة من الجلود المتجددة ذاتياً للمباني المستقبلية، وتستخدم الشبكة الهيكلية للمنحوتة خيوطاً متداخلة داخل خلايا مخروطية جذعية الشكل تتمتع بقوة غير عادية باستخدام كميات قليلة من المواد. (Beesley, P., 2019, p129)شكل (10)

شكل (10) يوضح منحوتتين "Aegis" و "Noosphere" - للفنان Philip Beesley - متحف أونتاريو الملكي - كندا -2018
(Beesley, P., 2019, p133:135)

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

سادساً: تطبيقات الباحث:

قامت الباحثة بإجراء استبانة لجمع آراء المشاركين حول أنواع النحت المختلفة: النحت البيئي، النحت التفاعلي، والنحت التكيفي. شارك في الاستبانة 80 شخص من خلفيات متنوعة تشمل مصممين نحاتين، مهندسين معماريين، فنانين. احتوت الاستبانة على محورين، وكل محور مكون من عدة بنود كما يلي:

المحور الأول: مدى معرفة المشاركين بالنحت البيئي- النحت التفاعلي- النحت التكيفي، من حيث:

- التعريف والمفهوم: مدي فهم المصطلحات لكل نوع.
- الأهداف: مدي معرفة أهداف كل نوع منهما.
- الفروق: مدي معرفة الفروق بين هذه الأنواع الثلاثة.
- الجانب الجمالي: مدي جمال هذا النوع من النحت، وهل يمكن أن يتأثر بالتغييرات البيئية.
- الجانب الوظيفي: مدي تحقيق كل نوع من الأنواع الثلاثة لوظيفته.

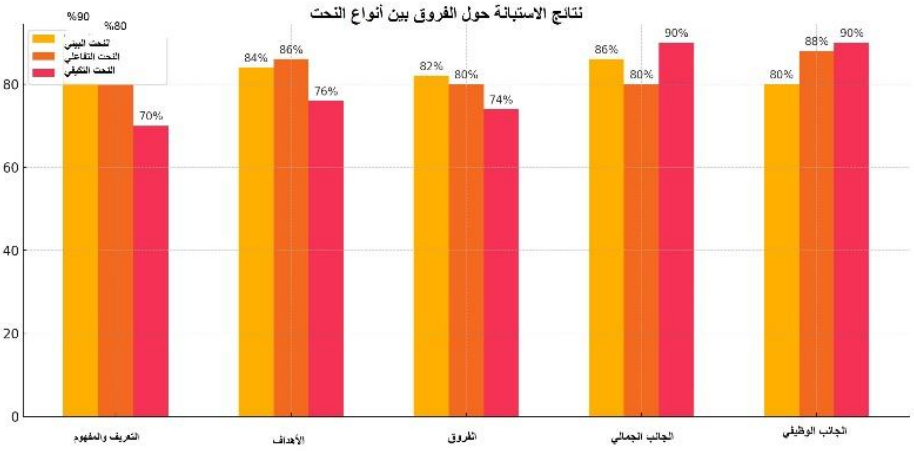
المحور الثاني: مدي أهمية كل نوع من هذه الأنواع (النحت البيئي- النحت التفاعلي- النحت التكيفي) لمواجهة التحديات البيئية المستقبلية من حيث:

- تحقيق الاستدامة: مدي تحقيق كل نوع للاستدامة.
- تنمية الوعي البيئي: مدي قدرة كل نوع من الأنواع الثلاثة في تنمية الوعي البيئي لدي الجمهور.
- التفاعل مع الجمهور والمحيط: مدي تفاعل كل نوع مع الجمهور والبيئة المحيطة به.
- التطور المستقبلي: مدي تطور شكل النحت لكل نوع ليكون حلاً للتحديات البيئية.

المحور	السؤال	النحت البيئي (%)	النحت التفاعلي (%)	النحت التكيفي (%)
التعريف والمفهوم	ما مدى فهمك للمصطلحات المتعلقة بهذا النوع من النحت؟ (1-5)	%90	%80	%70
	هل يمكنك شرح مفهوم هذا النوع من النحت؟ (نعم / لا)	%70 نعم	%65 نعم	%50 نعم
الأهداف	ما مدى معرفتك بالأهداف الرئيسية لهذا النوع من النحت؟ (1-5)	%84	%86	%76
	هل يمكنك تحديد الأهداف الرئيسية لهذا النوع من النحت؟ (نعم/لا)	%75 نعم	%72 نعم	%60 نعم
الفروق	ما مدى معرفتك بالفروق بين هذه الأنواع الثلاثة؟ (1-5)	%82	%80	%74
	هل يمكنك تحديد الفروق الرئيسية بين هذه الأنواع؟ (نعم/لا)	%68 نعم	%70 نعم	%55 نعم
الجانب الجمالي	ما مدى جمال هذا النوع من النحت من وجهة نظرك؟ (1-5)	%86	%80	%90
	هل يمكن أن يتأثر الجانب الجمالي بالتغييرات البيئية؟ (نعم/لا)	%80 نعم	%60 نعم	%90 نعم
الجانب الوظيفي	ما مدى تحقيق هذا النوع من النحت لوظيفته المحددة؟ (1-5)	%80	%88	%90
	هل تعتقد أن هذا النوع من النحت يحقق وظيفته بكفاءة؟ (نعم/لا)	%75 نعم	%78 نعم	%80 نعم

جدول (2) يوضح الوزن النسبي لنتائج المحور الأول من الاستبانة حول مدى معرفة المشاركين بالنحت البيئي – النحت التفاعلي – النحت التكيفي

يوضح جدول (2) الوزن النسبي لآراء السادة المشاركين لعبارات المحور الأول، حيث تراوحت الأوزان النسبية للآراء على البند الأول بين (70:90%) - (50:70%)، وجاء الوزن النسبي للبند الثاني (76:86%) - (60:75%)، كما جاء الوزن النسبي للبند الثالث يتراوح بين (74:82%) - (55:70%)، وجاء الوزن النسبي للبند الرابع يتراوح بين (86:90%) - (60:90%)، أما عن الوزن النسبي للبند الخامس يتراوح بين (80:90%) - (75:80%).

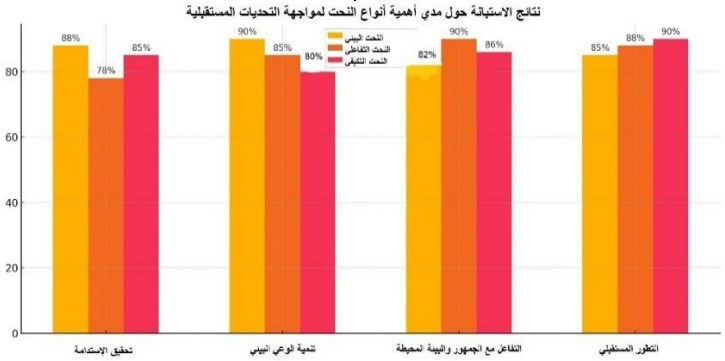


شكل بياني (1) يوضح الأوزان النسبية لعبارات المحور الأول الموجودة في الاستبانة

المحور	السؤال	النحت البيئي (%)	النحت التفاعلي (%)	النحت التكيفي (%)
تحقيق الاستدامة	ما مدى تحقيق هذا النوع من النحت للاستدامة؟ (1-5)	%88	%78	%85
	هل تعتقد أن هذا النوع من النحت يساهم في الاستدامة البيئية؟ (نعم/لا)	%75 نعم	%65 نعم	%80 نعم
تنمية الوعي البيئي	ما مدى قدرة هذا النوع من النحت على تنمية الوعي البيئي؟ (1-5)	%90	%85	%80
	هل تعتقد أن هذا النوع من النحت يزيد من الوعي البيئي لدى الجمهور؟ (نعم/لا)	%78 نعم	%72 نعم	%68 نعم
التفاعل مع الجمهور والبيئة المحيطة	ما مدى تفاعل هذا النوع من النحت مع الجمهور والبيئة المحيطة؟ (1-5)	%82	%90	%86
	هل تعتقد أن هذا النوع من النحت يتفاعل بشكل جيد مع الجمهور والمحيط؟ (نعم/لا)	%70 نعم	%80 نعم	%75 نعم
التطور المستقبلي	ما مدى تطور شكل النحت لكل نوع ليكون حلاً للتحديات البيئية؟ (1-5)	%85	%88	%90
	هل تعتقد أن هذا النوع من النحت يمكن أن يتطور لمواجهة التحديات البيئية المستقبلية؟ (نعم/لا)	%80 نعم	%82 نعم	%85 نعم

جدول (3) يوضح الوزن النسبي لنتائج المحور الثاني من الاستبانة حول مدي أهمية كل نوع من هذه الأنواع (النحت البيئي – النحت التفاعلي – النحت التكيفي) لمواجهة التحديات البيئية المستقبلية

يوضح جدول (3) الوزن النسبي لآراء السادة المشاركين لعبارات المحور الثاني، حيث تراوحت الأوزان النسبية للآراء على البند الأول بين (88:78%) - (89:65%)، وجاء الوزن النسبي للبند الثاني (90:80%) - (78:68%)، كما جاء الوزن النسبي للبند الثالث يتراوح بين (90:82%) - (80:70%)، أما عن الوزن النسبي للبند الرابع جاء بأوزان نسبية تتراوح بين (90:85%) - (85:80%).



شكل بياني (2) يوضح الأوزان النسبية لعبارات المحور الثاني الموجودة في الاستبانة

النتائج: Results

نتائج الدراسة النظرية:

1- يمكن استخدام فن النحت كأداة فعالة للتوعية البيئية والتعليمية، والمساهمة في تطوير استراتيجيات مستدامة لمواجهة التحديات البيئية المعاصرة.

2- دمج التكنولوجيا الحديثة مع فن النحت يفتح أفاقاً جديدة للابتكار والابداع، ويتيح للفنانين خلق أعمال فنية فريدة ومتطورة.

3- النحت التكيفي يمكن أن يحقق التوازن بين الجانب الفني والوظيفي والتكامل البيئي، للحصول على أعمال فنية فعالة ومستدامة.

4- النحت التكيفي يمثل تقاطعاً مهماً بين الفن والتكنولوجيا والبيئة، مما يعزز التجارب الحسية والوعي البيئي لدي الجمهور.

نتائج الدراسة التطبيقية:

1- بعد عرض استمارة استبانة لقياس مدي معرفة المشاركين بأنواع النحت الثلاثة السابق ذكرهم، تم تحليل نتائج العينة، حيث أظهرت النتائج أن:

2- جاءت النسبة الأكبر لمعرفة مفهوم أنواع النحت الثلاثة للنحت البيئي بنسبة (90%)، بينما النسبة الأقل كانت للنحت التكيفي (70%).

3- جاءت النسبة الأكبر لمعرفة أهداف كل نوع من أنواع النحت الثلاثة للنحت البيئي بنسبة (84%)، بينما النسبة الأقل كانت للنحت التكيفي بنسبة (76%).

4- كانت النسبة الأكبر لمعرفة الفروق بين أنواع النحت الثلاثة للنحت البيئي (82%)، بينما النسبة الأقل كانت للنحت التكيفي (74%).

5- جاءت أغلبية النتائج حول تحقيق الجانب الجمالي للنحت التكيفي (90%)، بينما النسبة الأقل للنحت التفاعلي (80%).

6- كما جاءت أغلبية النتائج حول الجانب الوظيفي للنحت التكيفي (90%)، بينما النسبة الأقل للنحت البيئي (80%).

7- جاءت النسبة الأكبر لتحقيق الاستدامة للنحت البيئي (88%)، والنسبة الأقل للنحت التفاعلي (78%).

8- كما جاءت النسبة الأكبر لتنمية الوعي البيئي للنحت البيئي (90%)، والنسبة الأقل للنحت التكيفي (80%).

9- عن التفاعل مع الجمهور والبيئة المحيطة كانت النسبة الأكبر للنحت التفاعلي (90%)، والنسبة الأقل للنحت البيئي (82%).

10- جاءت النسبة الأكبر للتطور المستقبلي ليكون حلاً للتحديات البيئية للنحت التكيفي (90%)، والنسبة الأقل للنحت البيئي (85%).

التوصيات: Recommendation

توصي الباحثة بـ:

1- ضرورة تحليل كيفية تأثير النحت التكيفي على الوعي الاجتماعي والممارسات البيئية للجمهور.

2- إجراء المزيد من الدراسات والأبحاث العلمية حول النحت التكيفي لزيادة المعرفة الأكاديمية حول أهميته وتقنياته وكيفية تطويره ودوره في تعزيز الاستدامة والوعي البيئي..

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

3- تشجيع التعاون بين الفنانين والعلماء والمهندسين لإيجاد حلول مبتكرة تجمع بين الجماليات الفنية والتقنيات العلمية.
4- دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي لتحليل البيانات البيئية وتحديد الأنماط لتكييف النحت مع البيئة المحيطة به بشكل أكثر فعالية.

المراجع: References

1- Grande, John. (2003). Environmental Art: Contemporary Sculpture in the Natural World. Allworth Press.
2- Brown, Andrew. (2014). Art and Ecology Now. Thames & Hudson.
3- Buskirk, Martha. (2005). The Contingent Object of Contemporary Art. MIT Press.
4- Goldsworthy, Andy. (2015). Andy Goldsworthy: Ephemeral Works: 2004-2014. Harry N. Abrams.
5- Petry, Micheal. (2020). Environmental and Interactive Sculpture: Current Practices and Future Directions. Thames & Hudson.
6- Brady, James. (2019). Art and Environmental Conservation: Interactions and Impacts. Routledge.
7- Duempelmann, Sonja. (2019). Ecological Aesthetics: Art in Environmental Design: Theory and Practice. Birkhäuser.
8- Jin, H. & Bianchi, J. (2023). Adaptive Sculpture and Its Cultural and Social Impacts: A Contemporary Review. Journal of Environmental Art Studies, 12(2), 45-62. doi:10.1016/j.jeas .2023.03.007.
9- Miller, T. & Wong, S. (2022). The Social and Cultural Implications of Environmental Adaptive Art: A Case Study Approach. International Journal of Art and Culture, 9(4), P119-134. doi:10.1080/12345678.2022.2089536.
10- Harish, Vaysl. Vyshnevska, Maryna, & Kharchenko, Olha. (2022). Shape Memory Polymers as Smart Materials: A Review. Polymers, 14(17), P3511-3525. https://doi.org/10.3390/polym14173511.
11- Bagheri, M. (2024). Symbiotic Encounter: Shape Memory Alloy Actuators in Architecture. Virginia Tech. Available at: https://hdl.handle.net/10919/119446
12- Cao, M., Wang, Y., Hu, X., Gong, H., Li, R., Cox, H., Zhang, J., Waigh, T. A., Xu, H., & Lu, J. R. (2019). Reversible thermoresponsive peptide-PNIPAM hydrogels for controlled drug delivery. Biomacromolecules, 20(9), P3601-3610.
13- Figueiro, P., Pereira, J. F., & Krawczyk, M. (2020). Adaptive Sculptures with Colour-Changing Materials: A Review. Journal of Adaptive Design and Technology, 12(3), P205-223. https://doi.org/10.1080/12345678.2020.1234567
14- Kim, J., & Lee, S. (2019). Micro-Electromechanical Systems (MEMS) for Adaptive Sculpture: Integration, Challenges, and Applications. Journal of Microelectromechanical Systems, 28(5), P741- 756. https://doi.org/10.1109/JMEMS.2019.2918376
15- Yang, Y., & Zhang, X. (2021). Adaptive Robotic Systems for Dynamic Sculptural Design: Techniques, Challenges, and Innovations. Robotics and Autonomous Systems, P103-115. https://doi.org/10.1016/j.robot.2020.103115
16- Liu, H. & Zhao, W. (2022). Environmental Sensing Technologies for Adaptive Sculptures: Integration, Types, and Applications. Sensors and Actuators A: Physical, P113-127. https://doi.org/10.1016/j.sna.2022.113127
17- Smith, R. J. & Green, L. A. (2023). Challenges in the Design and Implementation of Adaptive Environmental Sculptures: A Review. International Journal of Architectural Science, 30(2), P145- 162. https://doi.org/10.1016/j.ijarchsci.2023.02.007
18- Taylor, M. & Johnson, P. (2022). Design and Execution Challenges in Adaptive Sculptural Systems: Insights and Strategies. Journal of Adaptive Structures and Materials, 15(4), P321-339. https://doi.org/10.1080/17509653.2022.2085234
19- Park, S. & Kwon, J. (2017). Unwoven Light: An Exploration of Light and Material in Soo Sunny Park's Sculptural Practice. Journal of Contemporary Art and Design, 22(3), p65-78. https://doi.org/10.1080/23755337.2017.1327645
20- Echelman, J. & Roberts, S. (2018). The Dynamics of "Earthtime 1.26": An Analysis of Janet Echelman's Interactive Sculpture and Its Environmental Impact. Journal of Public Art and Design, 11(2), p92-108. https://doi.org/10.1080/24751444.2018.1456923
21- Echelman, J. & Garcia, M. (2019). "She Changes": The Interplay of Light and Motion in Janet Echelman's Sculptural Art. International Journal of Sculpture and Urban Space, 14(1), p45-60. https://doi.org/10.1080/21549353.2019.1602549
22- Echelman, J. & Taylor, R. (2020). Exploring "Bending Arc": The Intersection of Art, Architecture, and Environmental Interaction in Janet Echelman's Work. Journal of Contemporary Art and Public Space, 17(4), p102-118. https://doi.org/10.1080/25737562.2020.1798476
23- Shearn, P. & Williams, D. (2021). "Liquid Shard": An Investigation into Fluid Dynamics and Kinetic Sculpture by Patric Shearn. Journal of Kinetic Art and Design, 16(2), p88-104. https://doi.org/10.1080/26307895.2021.1863245
24- Beesley, P. & Andrews, T. (2019). "Noosphere" and "Aegis": Exploring Responsive Environments and Interactive Sculpture by Philip Beesley. Journal of Architectural and Environmental Art, 23(3), p122-137. https://doi.org/10.1080/20421343.2019.1645390