جمعية أمسيا مصر (التربية عن طريق الفن)
المشهرة برقم (٥٣٢٠) سنة ٢٠١٤
مديرية الشئون الإجتماعية بالجيزة

النظم العددية والهندسية كمدخل لاستحداث أعمال نحتية معاصرة

Numerical and geometric systems as a source to create a contemporary sculptural works

محمد عبد الحفيظ هارون

أستاذ مساعد بقسم التربية الفنية كلية التربية جامعة السلطان قابوس سلطنة عُمان

أستاذ مساعد بقسم التربية الفنية كلية التربية النوعية جامعة المنوفية مصر

إسلام محمد السيد هيبه

أستاذ مساعد بقسم التربية الفنية كلية التربية جامعة السلطان قابوس سلطنة عُمان

أستاذ بقسم التربية الفنية كلية التربية النوعية جامعة المنوفية مصر

Mohamed Abdel Hafeez Haroun

Assistant Professor, Department of Art Education - College of Education - Sultan Qaboos University - Sultanate of Oman.

Assistant Professor, Department of Art Education, Faculty of Specific Education - Menoufia University - Egypt.

Eslam Mohamed El-Sayed Heiba

Assistant Professor, Department of Art Education - College of Education - Sultan Qaboos University - Sultanate of Oman.

Professor, Department of Art Education, College of Specific Education - Menoufia University, Egypt.

ملخص البحث:

لقد ظهرت حركات فنية جديدة مع أوائل القرن العشرين، وتبنى العديد من الفنانين الحديثين والمعاصرين النظم العددية والهندسية، والبنى الهندسية المقننة كمداخل لصياغة أعمالهم النحتية، حيث أصبحت الفكرة المنطقية أساس التصميم في تلك الأعمال، فأنتجوا أشكال هندسية تعتمد على المفاهيم والأفكار العقلية المجردة وأصبح التفكير العددى والهندسى هو الأساس لبناء العمل الفني.

سوف يتناول هذا البحث بالدراسة والتحليل، مختارات من أعمال نحتية لبعض الفنانين الذين اعتمدوا في بناء أعمالهم النحتية على النظم العددية والهندسية وجمالياتها، باعتبارها مصادر إبداعية يمكن الاستفادة منها في استحداث أعمال نحتية معاصرة، كما في أعمال الفنان "فرانك ستيلا"، "هاينز ماك"، "أولريش روكرم"، "سول لويت"، "إلمار دوشر" والفنان "مارتن ويلينج"، كما سيعرض متتالية فيبوناتشى باعتبارها من أهم المرجعيات العددية التي كانت مصدراً هاماً لإبداع معظم الفنانين.

من كل ما سبق يضح أهمية توظيف النظم العددية والمقاييس الهندسية، والمنهجية العقلية، واعتبارها مداخل فكرية تساعد النحات على بناء تكوينات مبتكرة ناتجة عن عمليات التحليل اللامتناهية للمساحات الهندسية وتوزيع عناصر العمل وأعدادها وتناسباتها طبقاً للقيم التشكيلية المختلفة.

الكلمات المفتاحية: النظم العددية – النظم الهندسية – النحت المعاصر.

Abstract:

New artistic movements have emerged with the twentieth century, and modern and contemporary artists have adopted alternative systems and codified geometric structures as entrances to the formulation of their sculptural works. artistic.

Examples of artistic works for some artists who relied on building their sculptural works on industrial and engineering systems and their aesthetics, and data of creative sources from which they can create besieged sculptural works, as in the works of the artist "Frank Stella", "Heinz Mack", "Ulrich Rückriem ", "Sol Lewit, Elmar Ducher and artist Martin Welling, It will also present the Fibonacci sequence as one of the most important numerical references that were an important source of creativity for most artists.

From all of the above, it becomes clear the importance of employing numerical systems, geometric measurements, and mental methodology, and considering them as intellectual entrances that help the sculptor build innovative formations resulting from the endless analysis of geometric spaces and the distribution of work elements, their numbers, and their proportions according to the different plastic values.

Keywords: Numerical systems – Geometric systems– Contemporary sculpture.

خلفية البحث:

لقد شهد أوائل القرن العشرين نقطة تحول حقيقية في الفن، حيث ظهرت حركات فنية جديدة وتنوعت الرؤى والمداخل لتناول الأعمال الفنية بوجه عام والأعمال النحتية خاصة، وقد اعتمد العديد من النحاتين على النظم العددية والبنى الهندسية المقننة في إنتاج أعمالهم النحتية، فأصبحت الفكرة المنطقية في تلك الأعمال أساس تصميم أعمالهم، كما أنها تعتمد على المفاهيم والأفكار العقلية المجردة، الخالية من أي إشارات وجدانية وأي موضوعات تعبيرية مباشرة، وهى أشكال هندسية يتحرر فيها النحات من أى تفاعل مادى مع الخامة عن طريق التخطيط المسبق لفكرة العمل، والتى يعتبرها نظاماً لبناء العمل.

"وقد نادى تيار العقلانية Rationalism في النصف الأول من القرن العشرين بالإعتماد على الحلول العقلانية لحل المشاكل التصميمية" (شيرين إحسان شيرزاد، ١٩٩٩، ١١٨).

وكان للنظم العددية في الحضارت الإنسانية القديمة وجود واضح ومؤثر، وأمثلة كثيرة فى شتى مجالات الفن، كالحضارة المصرية القديمة والأشورية والإغريقية، كما ظهرت جلياً في فنون الحضارة الإسلامية وخاصة الفن الإسلامى الهندسى.

"وترتبط الرياضيات بالفنون البصرية ارتباطاً تاريخياً وثيقاً، فهى من أهم العلوم التي اعتمد عليها كثير من الفنانين، في سبيل الوصول لتحقيق بنايات تصميمية ذات أسس منطقية، فقد تناول تاريخ الفن وعلى فترات متلاحقة في عصور مختلفة، نظم أساسية تعتمد على منهج منطقى في التناول التشكيلى للفنون البصرية، بمعنى أن المنهج الرياضى وهو نتاج لقواعد ذو أصول عقلية، هو أساس ثابت وان اختلفت اللغة والزمان" (إسلام محمد هيبة، ٢٠١٦، ٣-٤).

وترتبط النظم العددية بمفهومى النظام والإيقاع، فالنظام كما يعرفه "أرنست فيشر" هو "تعدد مرتب داخل كيان موحد"(أرنست فيشر، ١٩٧١، ١٥٤) ، ويشير هنا إلى عملية التكرار المنظم للأشكال أو المفردات داخل العمل الفني، أو كما عرفه على السلمى"النظام هو الكيان المتكامل الذى يتكون من أجزاء وعناصر متداخلة تقوم بينهما علاقات تبادلية من أجل أداء وظائف وأنشطة تكون محصلتها النهائية بمثابة الناتج الذى يحققه النظام كله"(على السلمى، ١٩٨٦، ٧٣).

أما الإيقاع فهو مصطلح متداول في جميع أنواع الفنون، وباعتباره كقيمة جمالية فهو المسؤول عن تنظيم العناصر داخل العمل الفنى في نسق أو هيئة منظمة في المساحة والزمن، وقد ورد مصطلح الإيقاع في "الموسوعة العربية الميسرة"(محمد شفيق غبريال، ١٩٦٥،

٢٩٥) على أنه "ما انتظم من حركات متساوية في أزمنة متساوية". وقد قدم "أفلاطون" تعريفاً مبسطاً للإيقاع بأنه "تنظيم للحركة".

وقد ورد أيضاً مفهوم الإيقاع كقيمة جمالية في العديد من البحوث والدراسات، ورغم أنها اختلفت فى صياغاتها إلا أنها اتفقت في تفسيرها لمضمون الإيقاع، "فالإيقاع تعبير عن تواصل حركى ناتج عن نظم توزيع مفردات تشكيلية، كالشكل، والخط واللون والملمس.. إلخ، ويستغرق إدراك هذه المفردات بصرياً جزءاً من الزمن، كما أن صفة الإيقاع هي الاستمرارية"(Helan Marie Evans, 1973, 59) .

إذن فالإيقاع ينشأ عنه صفة حركية نتيجة تنظيم العلاقات بين المفردات الهندسية للعمل النحتى، والتي تستغرق عملية ترجمته وإدراكه بصرياً جزءاً من الزمن يتوقف على بساطة أو تعقيد العناصر المُنَظَمة، والزمن هنا حقيقة أوردها "جيروم ستولينتز"(جيروم ستولينتز، ١٩٨١، ١٠١) Jerome Stolnitz وهى أن الإيقاع هو السمة الزمانية في الفنون البصرية.

والنظام في الفن الإسلامى الهندسى، ينشأ نتيجة وجود مفردات هندسية، هذه المفردات توجد بينها علاقات مثل التماس والتراكب والتضافر والتباين والتكرار، كل هذه العلاقات تتم خلال شبكيات منتظمة، فإذا ما تناولنا التكرار مثلاً كأبسط أشكال النظام، سوف نجد أنه يعكس أبسط أنواع الإيقاع أيضاً، إذن هناك علاقة بين النظام ونوع الإيقاع المنعكس عنه" (أحمد عبد الكريم، ٢٠٠٧، ٣٤).

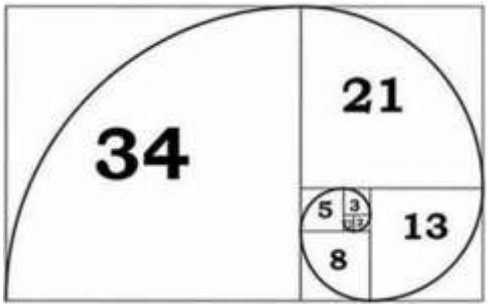
وتحقيق علاقات التكرار داخل العمل توحى للمشاهد بوجود حركة تقديرية فيه، وذلك لأن الأشكال الهندسية في حقيقتها مادة ثابتة على مسطح العمل الفنى، ولكن نتيجة النظام الذى يحكم علاقتها فإنها تخدع العين وتوحى بحركة مرئية، ويقال إنها ليست بحركة فعلية بل هى حركة تقديرية، وطالما هناك حركة إذن هناك "إمتداد في الزمان" (عز الدين اسماعيل، ١٩٧٤، ٢٠٨).

ويرى الناقد الفرنسي "هنرى فوسيون" أن هناك علاقة بين الفن الإسلامي الهندسى، والتفكير الرياضى الهندسى، فيقول: ما آخال شيئاً يمكنه أن يجرد الحياة من ثوبها الظاهر، وينقلنا إلى مضمونها الدفين مثل التشكيلات الهندسية للفن الإسلامى، فليست هذه التشكيلات سوى ثمرة لتفكير قائم على الحساب الدقيق، قد يتحول إلى نوع من الرسوم البيانية لأفكار فلسفية ومعانٍ روحية (ثروت عكاشة، ١٩٨٤، ٣٩).

متتالية فيبوناتشى العددية: Fibonacci Sequence

ومن أهم المرجعيات العدية أو الرياضية التي كانت مصدراً هاماً للعديد من التطبيقات الفنية متتالية فيبوناتشى (١١٧٥م – ١٢٥٠م)• Fibonacci Sequence والنسبية الذهبية The Golden Ratio حيث تتألف متتالية فيبوناتشى من الأرقام التالية: ٠، ١، ١، ٢، ٣، ٥، ٨، ١٣، ٢١، ٣٤، ٥٥، .... وتعرف متتالية فيبوناتشى في شكل مبسط، بأنها متتالية الأرقام التي ينتج كل رقم فيها عن مجموع الرقمين السابقين له، والتي حداها الأولان يساويان الواحد (R. A. Dunlap, 1997, 7)، أما النسبية الذهبية (Golden Ratio) بشكل مبسط هي الطريقة الأكثر منطقية للقسمة غير المتناظرة، أي للقسمة إلى غير النصفين، فإذا كان لدينا طول قابل للقياس AC، فالنسبة الذهبية تمثل قسمته إلى طولين غير متساوين AB وBC، بحيث تكون نسبة الجزء الأكبر إلى الجزء الأصغر تساوى النسبة بين القطعة كلها AC وبين الجزء الأكبر، ويمكن الحصول عليها من متتالية فيبوناتشى من خلال قسمة عددين متتالين في المتتالية، حيث تقترب هذه النسبة من النسبة الذهبية كلما تقدمنا في المتتالية.

ومستطيل فيبوناتشى شكل (١) هو طريقة لتمثيل متتالية فيبوناتشى هندسياً، حيث يمكن الحصول على متتالية فيبوناتشى برسم مربعين متجاورين طول الضلع فيهما وحدة واحدة، ثم مربعاً طول ضلعه ٢ وحدة (١+١)، بحيث يكون منشأ على مربعين متجاورين، فمربعاً طول ضلعه ٣ وحدات (٢+١) منشأ على المربعين السابقين وهكذا، وبرسم ربع دائرة في كل مربع على الترتيب، ينشأ شكل حلزونى، ويضح من الشكل أن الخط اللولبى المصنوع في مربعات المستطيل الذهبى تصنع خطوطاً من المركز تتزايد بمعامل النسبة الذهبية.



شكل (١)
مستطيل فيبوناتشى الذى يمثل الرؤية
البصرية للمتوالية العددية وتطورها ويضح به
أ . أ

• ليوناردو فيبوناتشى Leonardo Fibonacci (١١٧٥م – ١٢٥٠م) هو عالم رياضيات إيطالى، من أبرز رياضياتي العصور الوسطى في أوروبا.

وكإمتداد لهذه النظم العددية والقياسات الهندسية عبر الحضارات الإنسانية المختلفة، كان من البديهى أن يستفيد بعض الفنانين المعاصرين عند بناء أعمالهم النحتية من النظم العددية والهندسية، واعتبارها مداخل فكرية يمكن الاعتماد عليها كمصادر إبداعية، كما في أعمال "فرانك ستيلا" Frank Stella، "هاينز ماك" Heinz Mack "أولريش روكرم" Ulrich Rückriem، و أعمال "سول لويت" Lewit Sol التي يعرضها في علاقات تنظيمية لتقديم رؤية فكرية مجردة، ويهدف إلى جعل الفكرة عملاً مثيراً لعقلية المشاهد والتي يعتبرها أساس إدراك العمل الفني، وأعمال الفنان "إلمار دوشر" Elmar Daucher الذى يعود إليه أول أعمال نحتية تصبح فيها الحجارة الصادرة للأصوات المتناغمة نحتاً، فهو يتعامل مع الجرانيت الأسود بالقطع والشق بما يشبه المتاهات، طبقاً لنظم رياضية دقيقة في تقسيم سطحه هندسياً، عن طريق الخطوط المتوازية الطولية والعرضية والأوتار، بحيث يعطى إمكانيات متنوعة للعزف عليه وإصدار أصوات وأنغام متنوعة.

ويتوافق هذا الاتجاه المبنى على التفكير العقلانى والقياسات والأعداد مع فكر فنانى "النحت المينيمالى"•، وهى حركة نحتية نشأت في أمريكا في الستينيات، كرد فعل ضد الفن الذاتى الممثل في التعبيرية التجريدة، والتأثيرات الرمزية لفن البوب، وهدفها إيجاد فن تغيب عنه الرؤية الذاتية، عن طريق بناء أشكال هندسية أولية تتميز بالبساطة والضخامة، ولا ترمز لشئ إلا ما هو عليه، فهى أعمال خالية من المضمون التعبيرى والرمزى والتأثيرات الخيالية التي شاعت في الفن منذ عصر النهضة(Adelheid M. Geait, 1983, 451) .

وتتميز التكوينات الهندسية المينيمالية بالبساطة والضخامة، وتعتمد على التكرار الشكلى في تكوينها أو وجودها كشكل منفرد، لذلك يطلق على هذه الأعمال "فن الشكل الواحد" لأن التكرار المنطقى للشكل يمكن تنفيذه من خلال اتباع التعليمات التى يضعها النحات في المجسم المصغر، أو من خلال التخطيط المعد مسبقاً على جهاز الكمبيوتر، وبالتالي فإن معظم أعمال النحت المينيمالى يقوم بتنفيذها الفنيين بالورش والمصانع.

كما يعتمد تركيب الشكل النحتى المينيمالى على أسس معلومة من التكرار، ويستخدم النحات كثيراً من خصائص الشكل المعمارى، إلى جانب استخدام النظام النموذجى The Module في بنائها بهدف منع أى تنظيم عشوائى، واتخاذ أى قرار لحظى يخضع للنزعات الذاتية أثناء التنفيذ.(Milton Brawn, 1988, 251)

•عرف باسم "فن ما قل ودل" – "الفن الإعتدالى" – "الفن الأدنى"، وتعنى جميعها النحت الذى يبسط الشكل الثلاثى الأبعاد إلى كتلة هندسية أولية، وأطلق عليه المينيمالى الناقد الأمريكي R. Wolheim.

وقد اهتم النحات المينيمالى مثل البنائيين بمذهب العقلانية وبالطرق الرياضية في التفكير، وهو يهدف إلى إيجاد الحد الأدنى من الشكل المعبر عن طريق الإيجاز، وهى عملية بلاغية بالمعنى الأدبى تظهر تكثيف الفكرة بدلاً من الشئ نفسه كعمل.

وهذا النوع من البساطة يقلل معدل الذاتية والإحساس بالفردية في استجابة المشاهد للعمل، وتزيد من درجة وعيه بطبيعة الفن ومحتواه البنائى في تفاعله مع البيئة، فجمال الشكل المينيمالى ينتج من وضوح نظامه الرياضى وتركيبه الهندسى، لذلك حققت الأعمال الصرحية المينيمالية في فترة الستينيات وجوداً شعبياً بتواجدها بين الجمهور في المؤسسات التجارية والصناعية والأماكن العامة (محمد اسحق قطب، ١٩٩٤، ٦٩-٧٠).

وهذا ما أكده دان فلافين Dan Falvein أحد رواد النحت المينيمالى عام ١٩٦٠ عندما قال "نحن ننحدر نحو لا فن وإحساس متبادل بالفن الذى لا يهتم بالنواحى السيكولوجية وسعادة محايدة برؤية معروفة للجميع" (محمود أمهز، ١٩٨١، ٢٩٨).

فهو فن يعتمد على الفكرة كأساس للعمل الذى يتخذ من المداخل الفكرية والنظم التشكيلية البسيطة هدفاً لبناء أعمال نحتية ذات رؤية مشتركة للجميع.

ويتضح مما سبق أن الباحثان يحاولان في هذه الدراسة إيجاد منهجية فكرية ذات أصول رياضية، تقوم على توظيف النظم العددية والهندسية وجمالياتها، باعتبارها مصادر إبداعية يمكن الاستفادة منها في استحداث أعمال نحتية معاصرة، من خلال عرض مختارات لبعض الفنانين الرواد والمعاصرين وتناولها بالدراسة والتحليل، ومن هنا ظهرت مشكلة البحث.

مشكلة البحث:

عادة ما يحتاج النحات إلى منطلقات فكرية ومرجعيات عقلية متجددة تكون بمثابة الخلفية النظرية لتطبيقاته العملية، وكلما كانت هذه المصادر مرتبطة بالأعداد والرياضيات ونابعة من أصول فكرية مختلفة كلما زاد التنوع في النتائج المرجوة، لذا يحاول الباحث إبراز أهمية تلك النوعية من مصادر التفكير العقلية والحسابية، فتنظيم عناصر العمل وفق نظام عددي وهندسي، من شأنه أن يخرج الأعمال النحتية في شكل أو هيئة من التنظيم الجمالي، ومن هنا ظهرت مشكلة البحث والتي تتمثل في السؤال التالي:

- كيف يمكن الاستفادة من النظم العددية والهندسية كمداخل فكرية لاستحداث أعمال نحتية معاصرة؟

هدف البحث:

- إيجاد مداخل فكرية ذات قيم عددية ونظم هندسية يمكن الاعتماد عليها في استحداث أشكال نحتية معاصرة.

أهمية البحث:

- إبراز أهمية الجانب الفكرى والتقنى كمدخل للتجريب نحو موضوعات جديدة تثرى مجال النحت.
- فتح آفاق للنحاتين في البحث والتجريب والاعتماد على مصادر غير تقليدية فى أعمالهم الفنية.

فروض البحث:

يفترض البحث الآتى:

- ان دراسة النظم العددية والهندسية باعتبارها مداخل فكرية يمكن أن يفيد فى استحداث أعمال نحتية معاصرة.

حدود البحث:

تقتصر حدود البحث على ما يلى:

الحدود الموضوعية:

- النظم العددية والهندسية، متتالية فيبوناتشى والنسبة الذهبية.
- عرض بعض الأعمال النحتية ثلاثية الأبعاد لبعض الرواد الذين وظفوا النظم العددية والهندسية في أعمالهم وأثر ذلك على القيم الجمالية لتلك الأعمال، وكانت مدخلاً لاستحداث أعمال نحتية معاصرة.

الحدود الزمنية:

- تسليط الضوء على بعض الأعمال النحتية ثلاثية الأبعاد لبعض النحاتين بداية من منتصف القرن العشرين إلى الوقت الحالي، لما تمثله تلك الحقبة من بداية للتطور التكنولوجى كان له الأثر على تعدد الصياغات التشكيلية للنحت.

وتم اختيارها على الأسس الآتية:

- أهمية تمثيل العمل النحتى لموضوع الدراسة.
- الإختيار المتنوع للأعمال من حيث تناول الفكرة والخامة والتقنية.
- إبراز الخبرات الفنية المتنوعة للفنانين ومنهجهم الفكرى.

منهج البحث:

يتبع البحث الحالى المنهج الوصفى التحليلى، من خلال تناول مختارات من أعمال بعض النحاتين الذين اتخذوا من المرجعيات الفكرية ذات الأصول الرياضية منطلقاً للتفكير، مثل

متتالية فيبوناتشى والنسبة الذهبية، وغيرها من النظم الرياضية وكان لها دور في صياغة أعمالهم النحتية.

مصطلحات البحث:

- **النظم العددية:** Numerical Systems

النظام العددى هو طريقة نظامية لتمثيل الأعداد بأحرف رمزية، وهنالك أنظمة عددية كثيرة غير النظام العددى العشرى المتعارف عليه Decimal System ، مثل النظام الثنائى Binary ، والثمانىOctal ، والسادس عشرى Hexadecimal ، ويرجع السبب الأساسى لتنوع أنظمة العد هو تنوع الاستخدامات والمجالات.

- **متتالية فيبوناتشى : Fibonacci Sequence**

هي واحدة من أهم المتتاليات العددية والتي تتبع نظام إنشائى مستمر وتتألف من الأرقام التالية: ٠، ١، ١، ٢، ٣، ٥، ٨، ١٣، ٢١، ٣٤، ٥٥، .... وتعرف متتالية فيبوناتشى في شكل مبسط، بأنها متتالية الأرقام التي ينتج كل رقم فيها عن مجموع الرقمين السابقين له، والتي حداها الأولان يساويان الواحد.

- **النسبة الذهبية:Golden Ratio**

النسبة الذهبية بشكل مبسط هي الطريقة الأكثر منطقية للقسمة غير المتناظرة، أي للقسمة إلى غير النصفين، فإذا كان لدينا طول قابل للقياس AC، فالنسبة الذهبية تمثل قسمته إلى طولين غير متساوين AB وBC، بحيث تكون نسبة الجزء الأكبر إلى الجزء الأصغر تساوى النسبة بين القطعة كلها AC وبين الجزء الأكبر.

وفيما يلى سيتم عرض بعض الأعمال النحتية ثلاثية الأبعاد لبعض الفنانين الرواد والمعاصرين الذين وظفوا النظم العددية والهندسية في أعمالهم وأثر ذلك على القيم الجمالية لتلك الأعمال، وكانت مدخلاً لاستحداث أعمال نحتية معاصرة.

الفنان سول لويت (أمريكا ١٩٢٨-٢٠٠٧) Sol Lewitt

إرتبط الفنان "سول لويت" بالعديد من الحركات الفنية بما فى ذلك الفن المفاهيمى conceptual art والمنيماليزم minimalism. وقدم "لويت" فى منتصف الستينات أعماله النحتية المنيمالية التي تتميز بالبساطة الشكلية وتعتمد على مفهوم "الفكرة أساس العمل" والمحرك الأول لبنائه، حيث يقوم الفنان بإجراء جميع الخطوات والقرارات بشأن إنجاز العمل مقدما، وتأتى عملية التنفيذ في مرحلة ثانوية. كما اشتهر في أواخر الستينات برسوماته الجدارية والهياكل و"هو مصطلح

يفضله بدلاً من المنحوتات"، ولكنه كان غزير الإنتاج في مجموعة واسعة من الوسائط بما فى ذلك الرسم والطباعة والتصوير الفوتوغرافى والتركيب وكتب الفنانين.

يهدف "لويت" إلى جعل الفكرة عملاً مثيراً لعقلية المشاهد، والتي يعتبرها أساس إدراك العمل الفني، وينشئ أعماله المجسمة على شبكية مربعة فى علاقات عقلية تبادلية متنوعة قائمة على التقسيم والمقاييس الرياضية التي يتخذها أساساً لها، ويرتبط عنصر الفراغ عند "لويت" بالأشكال الهندسية المجسمة –المكعب ومتوازى المستطيلات– بواسطة الإطار ذي الأبعاد الثلاثة، فهو يجعل المجسم بسيطاً تماماً ليطور من خطته الفكرية للفراغ والشكل، وأحياناً يصبح المكعب الفراغى محاطاً بحدود مغلقة فتعطيه صفة الشكل المجسم.

لقد شكل "لويت" العديد من "الهياكل" منذ الستينات تقوم على عنصر المربع كشكل معيارى بترتيبات ذات تعقيد بصرى متفاوت، وأشكال من المكعب الفراغى من المعدن، بدأها بأشكال من مكعبات مغلقة من الخشب، ثم أزال جدرانها في منتصف الستينات لتشكل إلى جانب المكعبات الفراغية، منحوتاته التى نظمها وفقاً لمقاييس رياضية وترتيب منطقى يثير تأمل وتفكير المشاهد.

لقد أصبح المكعب المبسط الفراغى لبنة أساسية لأعمال الفنان ثلاثية الأبعاد، ويتكون من إثنى عشر عنصراً خطياً متطابقاً متصل في ثمانى زوايا، لتشكيل الهياكل المعيارية الخاصة به modular structures، وتم بناؤها من الألمنيوم أو الصلب بواسطة المصنعين الحرفيين وتلون عادة باللون الأبيض.

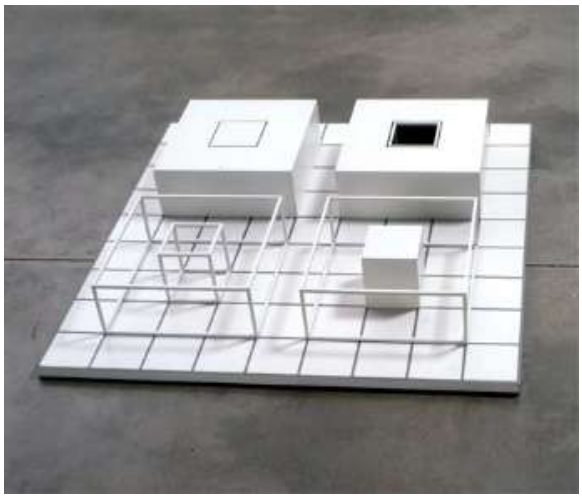
وفى عمله المسمى "مشروع تسلسلى" Serial Project ABCD 5 شكل (٢) شكل "لويت" أربعة أجزاء قائمة في خامة الصلب على مسطح شبكى ٩ × ٩ مربع، أي يتكون من ٨١ مربعاً ويشغل كل جزء مساحة ٩ مربعات (٣×٣) ليشكل أربعة مجسمات في نظام متواز على هذه الشبكية المربعة، يفصل بينها ويحيط بها مساحة مربع واحد لتشكل جميعها نظام عددى (١:٣:١:٣:١).

ونلاحظ في العمل أن كل جزئين من الأجزاء الأربعة يكون علاقة عكسية عن طريق الإمتداد الفراغى والمجسم لها فوق المساحة المربعة (٣×٣) وفقاً لنظام تشكيلى بنائى جعل المجسمات الأربعة ذات هيئة متنوعة رغم شغلها مساحة حجمية وفراغية واحدة، فهى تقوم على وحدة قياس عددية ثابتة Module لبناء حجوم في علاقات متغيرة.

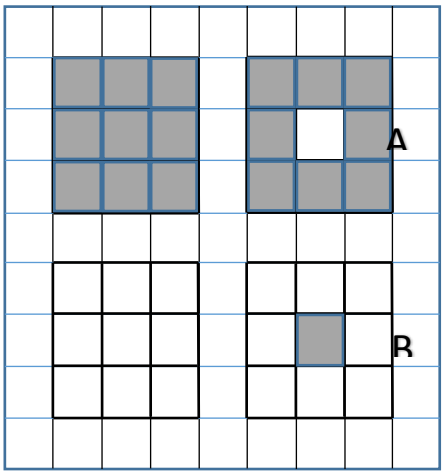
يتضح فى الشكل (٣) العلاقة العكسية الجزئية بين المجسم A والمجسم B ، حيث تتبادل العلاقة بين الشكل الفراغى الذى يحتويه المجسم A مع نظيره المغلق في المجسم B، وكذلك

المجسم المغلق الذى يحيط بالشكل الفراغى في المجسم A والذى تحول إلى كتلة فراغية في المجسم B. كما يتضح أيضاً التعادل بين الحجم المادى لكتلة المجسم C مع الشكل الفراغى للمجسم C.

إذن فإن العمل يقوم على العلاقة التبادلية العكسية بين أجزاءه الأربعة، تحمل أساساً بنائياً ورياضياً واحداً تدعو المشاهد إلى التأمل والتفكير العقلى في الإدراك الكلى للشكل، فالعمل يقوم على المقاييس الرياضية والهندسية في إطار نظام فكرى وجمالى.



شكل (٢)* العمل المسمى "مشروع تسلسلى"
(Serial Project ABCD 5 – ١٩٦٨)
إستانلس – ورنيش – شرائط لاصقة
الأبعاد: ٢٠,٣ × ١٤٥,٤ × ١٤٥,٤سم



شكل (٣) رسم تخطيطى للمسقط الأفقى
يوضح العلاقة التشكيلية لفكرة المجسم

* www.artnet.com/artists/sol-lewitt/serial-project-abcd-5-a-JxEAAagHAW5qi7MK--UK-A2

الفنان فرانك ستيلا (أمريكا ١٩٣٦) Frank Philip Stella

هو رسام ونحات يتبع الإتجاه التجريدى abstraction، والمينيماليزم minimalism، بدأ منذ بداية الستينيات بأعمال مسطحة ملونة ومقسمة إلى مساحات هندسية قائمة على نظام رياضى دقيق، ثم استخدم إلى جانب القماش خامات كالألومنيوم والنحاس في تشكيلها، وأدخل إلى جانب الخطوط المستقيمة خطوط منحنية وأقواس ودوائر كاملة متداخلة ومتحدة المركز، ثم بدأ أعماله في السبعينيات تأخذ أشكال ثلاثية الأبعاد عن طريق لصق قطع القماش على رقائق الخشب تعرف بالكولاج، إلى أن أصبحت أعماله المعدنية المجسمة أكبر حجماً.

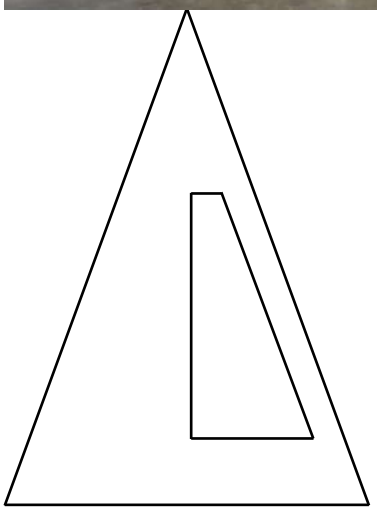
أنتج "ستيلا" منذ منتصف الثمانينيات أشكال ثلاثية الأبعاد بشكل كامل، وأدخل أشكال نحتية مستمدة من الأقماع المخروطية والعناصر المعمارية الزخرفية، وقواطع المعادن الصناعية والتقنيات الرقمية، بأحجام مصغرة وأعاد إنشاءها بمساعدة التقنيين والفنيين، وبدأ في التسعينيات بإنتاج مجسمات قائمة بذاتها للأماكن العامة. واشتهر "فرانك ستيلا" مع مطلع القرن الحادي والعشرين بأشكاله القائمة بذاتها على شكل النجوم، واستخدم الكمبيوتر كأداة في رسمها، وكانت أحادية اللون أو سوداء، أو تشكل بالمعدن دون تلوين، ذات أسطح مستوية أو خطوط مغزلية أو دوائر شبكية خطية، كما فى عمله المسمى Jasper's Split Star عام ٢٠١٧، شكل (٤).

كان "ستيلا" يعتمد في بناء مجسماته على الوحدة وتكرارها، وفق نظام عددى يعتمد على التفكير المنطقى وعلاقة أجزاء العمل بعضها البعض، وفى عمله المسمى شكل (٥)، وهو على هيئة نجمة ذات إثنى عشر رأس عبارة عن شكل هرمى خماسى، ذو أوجه مسطحة مثلثة الشكل مفرغ، شكل (٦).

إذن فهذا المجسم يتكون من عدد ستون مثلث متطابق من حيث المساحة والهيئة، تم تكرارها فى تكوينات منظومة بطريقة هندسية وعددية من حيث الأطوال والزوايا، لتكون إحدى نجوم الفنان التى بدأ في تشكيلها مع مطلع القرن الحالي.

شكل (٤) إحد أشكال "فرانك ستيلا" النجمية ذات
خطوط مغزلية ودوائر شبكية خطية

شكل (٥) "Flat Pack Star " - ٢٠١٦
شرائح معدنية – الفنان Frank Stella



شكل (٦) رسم تخطيطى يوضح الوحدة التكرارية
للنجمة وعدد تكرارها ٦٠ شريحة

الفنان أولريش روكريم (ألمانيا ١٩٣٨) Ulrich Rückriem

تميز "روكريم" بأعماله النحتية التي شكلها في خامة الحجر في هيئات هندسية ضخمة، من خلال نظام عددى وتقسيم هندسى، ليحافظ على نظامها البنائى ككتلة في الفراغ، فهو ينشأ نظاماً محكماً لكتلة الحجر من خلال تقسيم سطحه بواسطة خطوط وثقوب إلى مساحات هندسية متتابعة ومتجاورة فى قالب إيقاعى محكم.

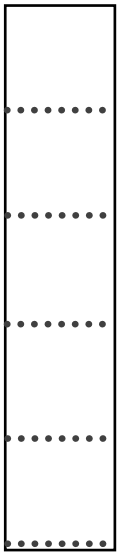
وأعماله تجمع بين رؤية الشكل النحتى في الفراغ والتقسيم الهندسى

للسطح كنحت بارز، ويتعامل الفنان مع الحجر من خلال السطح وتقسيماته إلى مساحات هندسية متجاورة، والخطوط التي تعطى له أبعاداً وحدوداً يعتبرها طاقة لنحوته، فتعامله مع الحجر بتقسيمه جمالياً نابع من تفكير عقلانى.

وقد اهتم الفنان كنحات بنائى تنتمى أفكاره للفن المفاهيمى والمينيمالى بتشكيل الحجر نفسه في كتل هندسية مربعة ومستطيلة ومثلثة الشكل أو شبه منحرفة، لتكون مخزناً لأفكاره، واضعاً له الرسوم التحضيرية التي سوف يقوم بتقسيمه من خلالها وفقاً لنظام رياضى مدروس، ويضع من هذا التقسيم حواراً مع المشاهد حول المكان والفراغ والحدود (Bernard Blistene,1983 , 16). ويقوم الفنان بعرض أعماله في الأماكن المفتوحة لتكون جزءاً منها فهو يعتبر أعماله "ذات جذور تراثية تشبه الأعمدة والأنصاب التذكارية التي تحمل لغة حسية وإدراكية للمشاهد" (محمد اسحق قطب، ١٩٩٤، ٢٢٠).

لقد شكل الفنان مجموعة أعمال في خامة الحجر ذات كتلة رأسية تشبه العمود، ففى عمله المسمى عمود الجرانيت Granit Gespalten شكل (٧)، قام "روكريم" بتقسيم كتلة الحجر الرأسية إلى خمسة مساحات مربعة الشكل، عن طريق تقسيم السطح في نظام رياضى هندسى عبر خطوط مستقيمة وزوايا قائمة توصل بينها ثقوب منتظمة الأبعاد، وعددها ١١ ثقب في كل صف، أضافت على العمل إيقاعاً بصرياً يؤكد على المنطق الفكرى العددى للفنان في التعامل مع الحجر جمالياً كما يتضح في شكل (٨).

وأعمال "روكريم" ذات هيئة صرحية تقف بثبات في الفراغ متجهة للسماء لتوحى بالإستمرارية، إعمال إدراكية مينيمالية، يعتمد فيها الفنان على النظم العددية، والمساحات الهندسية للتأكيد على فكرتها.



شكل (٧) رسم تخطيطى للمسقط الجانبى
يوضح العلاقة التشكيلية لفكرة المجسم

شكل (٨)* عمل "عمود الجرانيت" ٢٠٠٨
جرانيت – للفنان "أولريش روكريم"
أمام المعرض الوطنى الجديد، برلين ألمانيا

الفنان هاينز ماك (ألمانيا ١٩٣١) Heinz Mack

فنان ألمانى من مؤسسى حركة الصفر ZERO عام ١٩٥٧، إهتم في عام ١٩٥٦ بتشكيل مجموعة من الأسطح الدينامية التأثير تحت عنوان Sog-Dynamische Strukturen، وفى عام ١٩٥٨ شكل أسطحاً دينامية سوداء وبيضاء، ثم طورها إلى نحوت ذات أسطح ضوئية Lichtreliefs بخامة الألومنيوم، وله العديد من الأعمال الثابتة والحركية.

إتجه "هاينز" عام ١٩٥٩ إلى مشاريع الصحراء في أشكال نحتية بارزة من ألواح الألومنيوم والزجاج والمرايا والعدسات في أعمال بيئية عاكسة للضوء ومتفاعلة معه، كما

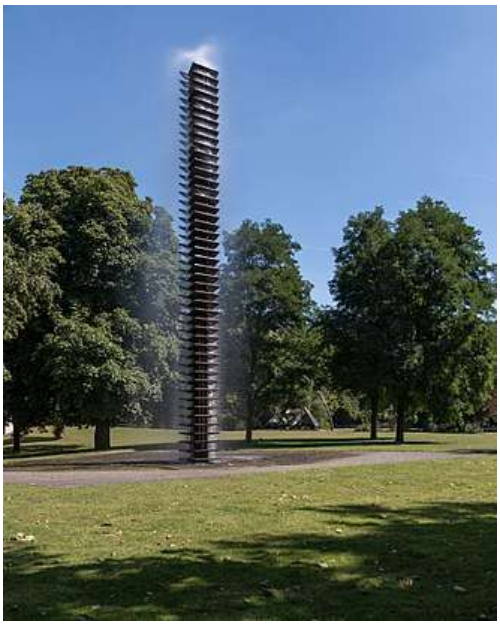
* https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ulrich_R%C3%BCckriem_-_Steinskulptur_2.jpg

اتجه عام ١٩٦٥ إلى توظيف عناصر الطبيعة من ماء ورياح وضوء في مشاريعه البيئية. (Robert Hauser, Biter Honisch, 1989, 216)

وقد أنشأ الفنان مجموعة من الأشكال النحتية من خامة الحديد في بناءات طوطمية TOTAM ممتدة في الفراغ تحت اسم (ماء – تشكيل) Wasser – Plastik، وشكل (٩) قام بتشكيله في خامة المعدن الصلب المقاوم للصدأ Cortenstahl، عبارة عن عموداً ممتداً في الفراغ على هيئة نافورة بارتفاع ١٦,٥ متر، وجسم العمل مشكل من مجموعة من الشرائح عددها ٤٦ زوج من الشرائح، مستطيلة الشكل بمساحة ١٢٠×٤٥ سم من معدن صلب سمكه ٦ مم، متصلة عل جانبي العمود بزوايا ميل متفاوتة إلى داخل المجسم، أكثرها ميلاً التى تعلو الشكل بزاوية ٤٥ درجة وتقل درجة واحدة في الاتجاه لأسفل حتى تصبح أخر شريحة مستوية تماماً وبمحاذاة خط الأرض، لتسمح بسقوط المياه باندفاع نحو الأسفل عبر الشرائح المائلة بفعل الجاذبية الأرضية.

لقد قام النحات بتوزيع الشرائح المستطيلة على جانبي العمود في نظام إيقاعى تكرارى على مسافات بينية ثابتة، بنظام متزايد في الإنحراف إلى أعلى كما يتضح في شكل (١٠)، وهذا النظام التكرارى للشرائح المثبتة على مسافات متساوية، والمختلفة من حيث زوايا الإنحراف والثابتة مقدار درجة واحدة، حقق للشكل نظاماً زخرفياً وظيفياً وفق نظام عددى مبنى على التكرار، ويشعر المشاهد بصرحية المجسم واستمراريته فى الإتجاه لأعلى ومحققاً إيقاعاً بصرياً للمشاهد.

(AmeSea Database – ae – April- 2023- 611)



شكل (٩)* هاينز ماك (ماء – تشكيل) -
١٩٧٦معدن Corten ، الأبعاد ٥٠×٥٠سم
الإرتفاع: ١٦,٥م، مدينة "مونستر" Münster

شكل (١٠) هاينز ماك (ماء - تشكيل)
صورة تفصيلية توضح تكرار الشرائح المائلة على
مسافات متساوية

الفنان "إلمار دوشر" (ألمانيا ١٩٣٢) Elmar Daucher

بدأ "دوشر" أول أعماله النحتية التي أصبح فيها الحجارة الصادرة للصوت المتناغم نحتاً فى عام ١٩٧٤، وأنتج مجموعة منها تحت اسم Klangsteine، فقد تعامل مع الجرانيت الأسود بالشق العميق المتعامد على السطح، طبقاً لنظم عددية ومقاييس هندسية في تقسيم كتلة الحجر، في مسارات طولية وعرضية على مسافات متساوية ليتحول بذلك سطح الحجر المصقول في معظم الأحيان إلى مساحات مربعة الشكل،

* https://skulpturen.kulturraum.nrw/images/muenster/innenstadtring/heinz-mack/mack-wasser-plastik-print.webp

والحفاظ على إحداث تفاوت فى عمق الشق، بحيث يعطى إمكانيات متنوعة للعزف عليه وإصدار أصوات وأنغام متباينة.

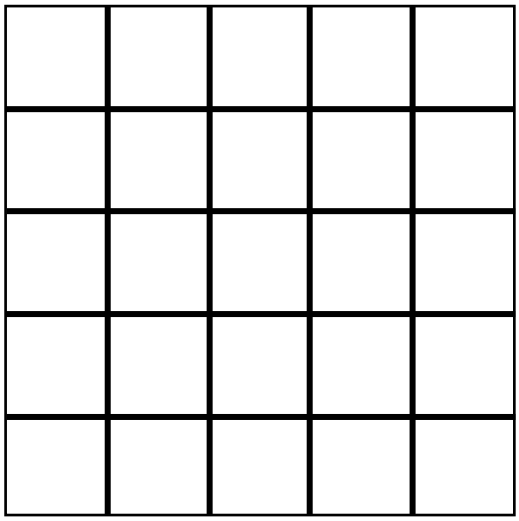
ويحول "دوشر" كتلة الحجر بواسطة عملية الشق إلى كتل رأسية متجاورة يفصلها فراغات تشبه بذلك أصابع آلة الإكسيليفون Xylophon أو البيانو Piano، ولهذ يشترك المؤلف الموسيقى مع "دوشر" في وضع القواعد والنظم الموسيقية والعددية التي تساعد على ارتفاع سعة الحجر التشكيلية في إصدار الأصوات المتنوعة أثناء العزف.

إن أعمال "دوشر" الحجرية المكعبة تم تقسيمها وفق نظاماً عددياً وهندسياً، وتصاغ لها نوتة موسيقية توضح طريقة التعامل والعزف عليها عن طريق الطرق بواسطة المعادن أو الأخشاب، أو عن طريق تلامس الأيدى المبللة بالمياه.

إن هذه الأحجار ذات الأسطح المقسمة هندسياً عن طريق الخطوط الطولية والعرضية والأوتار تجمع بين خبرة النحات وفكرته الإبداعية في أن يجعل الحجر مصدراً للصوت والأنغام، وبين مؤلف موسيقى يكشف قدراتها وإمكانية العزف عليها، لتحقيق التوافق بين إمكانيات الحجر والشكل الذى صيغ فيه واللحن الموضوع، حتى يصدر صوتاً يخاطب إحساس ووجدان وجسد المشاهد. (محمد اسحق قطب، ١٩٩٤، ٩٦).

والعمل "صوت الحجر ٨٠/١٣" شكل (١١) Klangsteine 13/80 ، قام الفنان بتشكيله في خامة الحجر في كتلة شبه مكعبة، مقسم عن طريق عملية الشق وفق قوانين قياس ونظم عددية بخطوط طولية وعرضية في تعامد على كتلة الحجر، مكونة فراغات هوائية بينية تحدث رنين أثناء العزف، كما في شكل (١٢) فتتحول كتلة الحجر إلى آلة تشبه من الخارج آلة البيانو، وقد أحدث الفنان ميلاً فى سطح المكعب ليولد كتلاً عمودية متفاوتة الأطوال تعطى أصواتاً متناغمة للسلم الموسيقى، يمكن العزف عليه طبقاً لنوتة موسيقية منظومة وموضوعة عن طريق حركة اليدين، أو بالضرب باستخدام المضارب الخشبية والمعدنية لتعطى تنوعاً صوتياً مع خامة الحجر.

شكل (١١)* العمل المسمى "صوت الحجر (١٣/٨٠" – ١٩٨٩، الجرانيت الأسود)



شكل (١٢) رسم تخطيطى للمسقط الأفقى يوضح العلاقة التشكيلية لفكرة المجسم

الفنان "مارتن ويلينج" (ألمانيا ١٩٥٨) Martin Willing

ولد مارتن ويلينج عام ١٩٥٨ في بوخولت بألمانيا، وهو فنان معاصر ارتبط بشكل أساسى بالفن المفاهيمى، وتتميز منحوتاته بأنها ذات هيئات خاصة، ويستخدم فيها مجموعة متنوعة من المعادن مثل الفولاذ، والدور الومين، والتيتانيوم، وهى منحوتات متحركة تهتز فى الفضاء وهى غالباً ما تكون مصنوعة في قطعة واحدة، ولا تعتمد على المحركات أو المفاصل، بل تتحرك بقوة دفع الهواء أو بلمسة يد أو بدفعة من المتلقى وتبدأ بالحركة لفترة طولية من الزمن، فهي تتأرجح وترقص وتدور وترتد وتهتز، أعمال تفاعلية تغير من هيئتها بشكل مستمر مما تدفع المتلقى إلى تتبعها ومراقبتها باستمرار، فمنذ أوائل الثمانينات وهو يعرض منحوتاته المتحركة في معارض ألمانيا وخارجها.

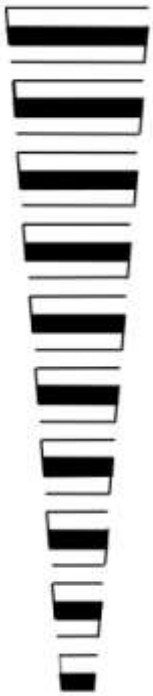
* https://klangsteine-elmar-daucher.de/wp-content/uploads/2017/08/S.6.14-Klangstein13.801980Serpentin.jpg

وتقوم منحوتات "مارتن ويلينح" على حسابات رياضية في غاية الدقة، ويستخدم في تشكيلها القضبان المعدنية والشرائح ويطوعها في مسارات دائرية، أو منحنية، وأحياناً في خطوط مستقيمة ذات أطوال متساوية أو متدرجة يفصلها زوايا مختلفة، تأخذ أشكالاً فراغية مثل الكرة والمكعب والمخروط والحلقة، أما في عمله المسمى (التقسيم الطبقى المربع) شكل (١٣)، استخدم الفنان فيه مجموعة من المربعات المصنوعة من معدن التيتانيوم الصلب، في طبقات أفقية تتصل فيما بينها بمساحات ذات شكل شبه منحرف تلتف فى مسار حلزونى صاعد حول المجسم في إتجاه عقارب الساعة، ويظهر شبه المنحرف بعد كل ثلاث مراحل صعود وفق نظام عددى ثابت (١:٣:١:٣ ..... وهكذا) كما يتضح في شكل (١٤). نتيجة لذلك لا يبدو البناء مغلقاً ولكنه مفتوح ويبدو خفيف وهذا يساعد في الحركة التذبذبية للشكل.

لقد قام الفنان بتشكيل هذا العمل الذى يأخذ هيئة صرحية ممتداً لأعلى كهرم رباعى الجوانب يقف على طرفه ويبلغ ارتفاعه ٦,٥م، صممه طبقاً لقياسات هندسية وقيم عددية محسوبة بدقة، وزع فيه المربعات الأفقية في نظام تكرارى يفصلها مسافات بينية ثابتة، وتزيد في مساحاتها بشكل تدريجى في الاتجاه لأعلى ليشعر المشاهد بالإيقاع البصرى في الشكل، كما أن الحركة التذبذبية للشكل نتيجة دفع المشاهد الذى لا يسعى إلى حركة سلسة وثابتة، بقدر سعيه إلى دراماتورجيا الحركة بين التوسع والتباطؤ والتوقف، أكدت على كونه عملاً تفاعلياً.

شكل (١٣)[1]

مارتن ويلينج (التقسيم الطبقى المربع)
Quadratschichtung,2000، التيتانيوم
الصلب، الأبعاد:٦٥٠×١٤٠×١٤٠سم



شكل (١٤)
رسم تخطيطى للمسقط الرأسى
يوضح النظام البنائى التشكيلى للعمل

النتائج والتوصيات

أولاً: النتائج

- أحدث توظيف النظم العددية والهندسية في الأعمال النحتية متغيرات جذرية في الشكل أثرت القيم الجمالية وأفادت في استحداث أعمال نحتية معاصرة.
- أفاد الفنان المنيمالى من تناوله للنظم العددية والهندسية المختلفة، تحقيق خصائص جمالية داعمة إلى العمل النحتى كما هو في أعمال الفنانين الرواد التي تم عرضها في البحث.

[1] http://www.rtd-net.com/willing-3.html

- دراسة مختارات من الأعمال النحتية لبعض الفنانين الذين أعتمدوا في تشكيل أعمالهم على النظم العددية والهندسية، يثرى الجانب الفكرى والتقنى للأعمال النحتية المعاصر.

ثانياً: التوصيات

- الاهتمام بالأبحاث العلمية التي تهتم بدراسة النظم العددية والهندسية باعتبارها مداخل فكرية لأعمال نحتية معاصرة.
- الإستفادة من التطور التكنولوجى في الخامات والأدوات بما يتلائم مع مداخل التفكير الرياضى والهندسى.
- العمل على تنمية التفكير العقلانى لدى الطلاب وتنمية قدراتهم الفنية والتكنولوجية والإستفادة من ذلك وتوظيفه فى الأعمال الفنية.

المراجع:

أولاً: المراجع العربية

١- أحمد عبد الكريم (٢٠٠٧): النظم الإيقاعية في جماليات الفن الإسلامي، دار أطلس.

٢- أرنست فيشر (١٩٧١): ضرورة الفن، ترجمة أسعد حليم، الهيئة المصرية العامة للتأليف والنشر، القاهرة، المكتبة الثقافية.

٣- ثروت عكاشة (١٩٨٤): التصوير الإسلامي بين الحظر والإباحة، عالم الفكر، العدد الأول.

٤- جيروم ستولينتز (١٩٨١): النقد الفني، ترجمة فؤاد زكريا، الهيئة المصرية العامة للكتاب، الطبعة الثانية.

٥- شيرين إحسان شيرزاد (١٩٩٩): "الحركات المعمارية الحديثة الأسلوب العالمى في العمارة"، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، بيروت.

٦- عز الدين إسماعيل (١٩٧٤): الفن والإنسان، دار القلم، بيروت.

٧- على السلمى (١٩٨٦): اتجاهات جديدة في الفكر التنظيمى، عالم الفكر، العدد الرابع، المجلد الثامن، سلسلة دورية تصدرها وزارة الإعلام بالكويت.

٨- محمد شفيق غبريال (١٩٦٥): الموسوعة العربية الميسرة، دار القلم، مؤسسة فرانكلين للطبعة والنشر، القاهرة.

٩- محمود أمهز (١٩٨١): الفن التشكيلى المعاصر – التصوير ١٨٧٠ – ١٩٧٠، دار المثلث، بيروت.

ثانياً: الرسائل والأبحاث العلمية

١٠- إسلام محمد هيبة (٢٠١٦): الإمكانات التشكيلية لزهرة الحياة والاستفادة منها في إثراء التصميم الزخرفى، المؤتمر العلمى الدولى الأول لجمعية إمسيا مصر التربية عن طريق الفن.

١١- محمد اسحق قطب (١٩٩٤): المفهوم الجمالى لتناول الخامة في النحت الحديث وأثره على القيم التشكيلية والتعبيرية في أعمال طلاب كلية التربية الفنية، رسالة دكتوراه، كلية التربية الفنية، جامعة حلوان.

ثالثاً: المراجع الأجنبية

12- Adelheid M. Geait (1983): Looking At Art, A Visitors Ginde to Museum Collections, R. R. Company, New York.

13- Bernard Blistene (1983): Ulrich Ruckriem, Centre Georges Pompidou, Musee National D'Art Modern, Paris.

14- Dharam Persaud-Sharma & James P O Leary (2015): Fibonacci Series, Golden Proportions, and the Human Biology "Austin Journal of Surgery.

15- Helan Marie Evans (1973): Man The Designer, The Macimllan. Company, NY.

16- Johen Wiley & Son C: Design For You, Printed in The U.S.A., with out date.

17- Milton Brawn (1988): American Art Painting, Sculpture, Architecture, Docoration Art, Photography, Harry N. Abrams, New York.

18- R. A. Dunlap (1997): The Golden Ratio and Fibonacci Numbers, World Scientific, Publishing.

19- Ricardo Zalaya, Javier Barrallo (2018): A classification of mathematical Sculpture, Recreational Mathematics Magazine, Number 9.

20- Robert Hauser, Biter Honisch (1989): Kunst – Landschaft – Architektur – Architekurbezogene Kunst in Der Bundesrepublik Deutschland.

رابعاً: مواقع الإنترنت

21- www.artnet.com/artists/sol-lewitt/serial-project-abcd-5-a-JxEAAagHAW5qi7MK--UK-A2

22- https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ulrich_R%C3%BCckriem_-_Steinskulptur_2.jpg

23- https://klangsteine-elmar-daucher.de/wp-content/uploads/2017/08/S.6.14-Klangstein13.801980Serpentin.jpg

24- https://nrw-skulptur.net/wp-content/uploads/2017/06/edsc8823.jpg

25- https://skulpturen.kulturraum.nrw/images/muenster/innenstadtring/heinz-mack/mack-wasser-plastik-print.webp

26- https://img2.arabpng.com/20180620/pqv/kisspng-fibonacci-number-golden-ratio-golden-spiral-golden-.jpg

27- Frank Stella - Wikipedia

28- Sol LeWitt - Wikipedia